

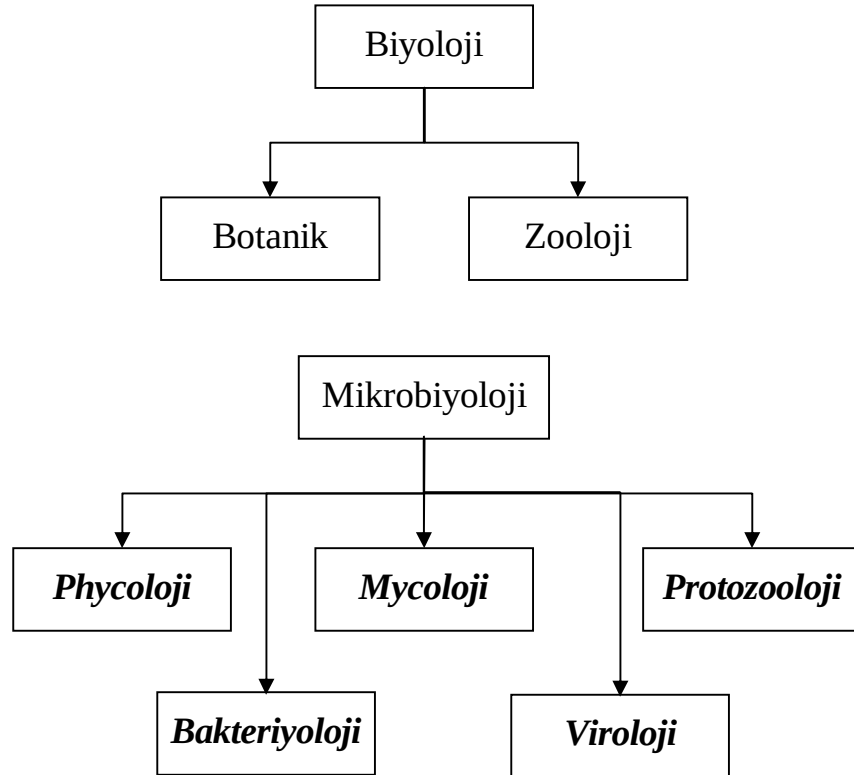
GİRİŞ

Mikrobiyolojiye Genel Giriş

Galaksi sistemi, güneş sistemi ve dünya sistemi gibi sistemler dizesine bakıldığında, bir kent ekosistemi, tarım ekosistemi, orman ekosistemi veya atıksu arıtma tesisi ekosistemi bunların yanında çok küçük bir bölüm olarak kalır. Toprak, su, hava, yeraltı ve canlı ortamları ise canlı ve cansız unsurlardan oluşan bir ekosistemin komponentleridir. Ekosistem yaşam ortamı ve yaşam topluluğundan oluştuğuna göre, yaşam topluluğunu oluşturan canlıları ve bunların sistematüğini. özelliklerini bilmek gerekir. Biyoloji genel anlamda tüm canlıları ele alıp öğreten bir bilim dalıdır.

Genel mikrobiyoloji insanlık için çok önemli bir bilim dalı olmasının yanı sıra Çevre Mühendisliği Mikrobiyolojisi de mühendislik uygulamalarındaki katkısı açısından çok önemli bir **“Çevre Bilimi ve Teknolojisi Dalı”**dır.

Mikrobiyolojinin sistematüğünü aşağıdaki gibi özetlemek mümkündür:



E. Haeckel 1866 yılında canlıları üç ana grupta toplamıştır.

1. Bitkiler alemi (Tohumlu bitkiler, yaprak ve ciğer yosunları, eğrelti otları)

2. Hayvanlar alemi (Omurgalılar, omurgasızlar)

3. Protistler (İlk organizmalar , ata organizmalar) olarak üçe ayırmıştır.

Protistler de iki ana grupta toplanırlar.

a. Yüksek protistler (Ökaryotlar): Alg, Maya, Küf, Protozoa, Metazoa

b. Alçak protistler (Prokaryotlar): Bakteriler, Cyanobakteriler, Mavi algler

Bakteri ve diğer mikroorganizmaların varlığını Antony van Leenwenhook (1632 - 1723) 1676 da keşfetti.

Louis Pasteur (1822 - 1895) 1861 yılında 1. Havanın mikroskop da görülebilir, organize olmuş danelerinin bulunduğunu 2. Bu partiküller steril bir ortama verildiğinde mikroorganizmaların gelişmesine neden olduğunu 3. Şeker çözeltisi veya diğer besi ortamda aylarca steril olarak kaldığını göstermiştir.

1857 ile 1876 yılları arasında yaptığı çalışmalar ile de fermentasyon olayının canlı organizmalar tarafından meydana getirildiğini kanıtlamıştır. İnsanoğlu 5000 yıldan beri süt içtiği halde, sütün mayalanması konusunda ancak 19. asırda bazı bilimsel ilerlemeler kaydedilmiştir. 1860 yılında L. Pasteur mayalanmanın sırlarını açığa çıkarmıştır. L. Pasteur ve R. Koch mikroskopunda yardımı ile bir çok patenajik mikroorganizmaların varlığını gün ışığına çıkarmışlardır. Nüfus kırılmasına neden olan Koleranın önüne de bu aydınlanma aşamasından sonra geçilmiştir. Pasteur bir çalışmasında da 60°C dolayında sütü, bira ve şarabı birkaç dakika ısıttığında **hastalık yapıcı bakterilerin** (patojen mikroorganizmaların) öldüğünü buna karşılık besin değerini kaybetmediğini saptamıştır. "Pastörizasyon" adı da buradan kaynaklamaktadır. Son yıllarda da, geli-şen bilimsel çalışmalar sonucunda, UHT (ultra Pastörizasyon) yöntemi geliştirilmiştir. UHT yönteminde, süt 135-150° arasında 2-6 saniye gibi bir işleme tabi tutulmaktadır. Bu esnada hem patojen mikroorganizmalar hem de sporları imha edilir. İsveç'li Ruben Rausing, Lund kentinde 1951 yılında uzun ömürlü olarak sütü saklayabilmek için TetraPak ambalaj yöntemini geliştirmiştir.

Robert Koch (1843 - 1910), bakteri üretmek ve saf kültür olarak elde etmek için yöntemler geliştirmiştir ve 1876 yılında ise *Bacillus anthracis*'i bulmuş ve ilk defa bir mikroorganizmanın hastalık nedeni olabildiğini göstermiştir. 1882'de de *Tuberkel bacillus* (Mycobacterium tuberculosis), 1883 'de de kolera mikrobunu (*Vibrio comma*) bulmuş ve 1890 yılında da Tuberkulin imal etmiştir.

Termofil Mikroorganizmalar ve Keşfi

Ekstrem termofil mikroorganizmalar ilk defa 1960'lı yılların ortalarında bulunmuştur. 60°C'den 115°'ye kadar yaşayanları mevcuttur. Burada çok enteresan olan normal canlılar için çok uygun ve optimal olan sıcaklık 37°C'ye ulaşıldığında bunların metabolizma faaliyetleri durmakta ve mikroorganizmaların protein hücreleri parçalanmaktadır. Katalizatör görevini gören enzimler yok olmaktadır. Bu nedenle de ekstrem termofil bakterilerin metabolizmalarının araştırılması çok ilginç bir araştırma konusu olmaktadır ve Avrupa Topluluğu projesi olarak da bir araştırma projesi TU Hamburg-Harburg'un yönetiminde yürütülmektedir (Erdin,1993).

Bakteriler Dioksini Parçalayabilir mi?

Bielefeld, Braunschweig, Greifswald ve Hamburg Üniversiteleri-nin araştırmacıları Prof. Dr. Rudolf Eichenlaub'un başkanlığında ve Alman Araştırma ve Teknoloji Bakanlığının desteğinde bir araştırma yürütmektedirler. Bu araştırmada amaç genteknolojisinin gelişmişlik düzeyinden yararlanarak mikroorganizmaların ge-netik informasyonlarına müdahale etmektir. Bu müdahale sonucun da dioksin bileşiklerinden kloratomlarını tek tek koparabilmesi ve parçalaması, böylece tehlikeli maddeyi zararsızlaştırmış olmasına çalışılmaktadır. Önümüzdeki beş yıl içinde bu konuda başarılı sonuçlar alınabileceği ümit edilmektedir.

"Human-Endogen-Retro-Virus"

Bilim adamları tüm insanların hücrelerinde bulunma olasılığı olan bir çeşit virüs'ten söz etmektedirler. "İnsanlığın evrim tarihinde kısa olarak **HERV** adı ile adlandırılan "**Human-Endogen-Retro-Virus**" herhangi bir şekilde insanların üreme hücrelerine girmiş ve o zamandan günümüze kadar hep kalıtsal olarak etkisini sürdürmüştür." yargısı bilim adamları tarafından kesinlikle aydınlığa kavuşturulamadığından günümüzde halen tartışılmaktadır. Tümör oluşmasına mı etkileri var yoksa tümör hücreleri oluşurken mi bu virüslerde oluşmaktadır konusu da tartışılmaktadır. AIDS virusundan sonra yeni çeşit bir virus.

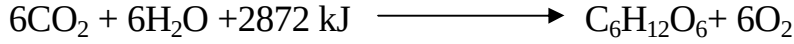
Doğada Mikroorganizmaların Yeri

Doğal ekosistemin unsurları biyotik ve abiyotik olmak üzere genelde ikiye ayrılır. Canlıların yaşadığı ortama biyotop ve canlıların birlikte olduğu topluluğa da biyosenöz dersek, her ikisi sistemin bütünü oluşturur. Böyle bir doğal ekosistemde mikroorganizmalara da büyük görevler düşmektedir. Canlılar evrenini **hayvanlar, bitkiler ve protistler** olmak üzere üçe ayırabiliriz.

Ekosistemin Tanımı

$$\text{Biyotop} + \text{Biyosenöz} = \text{EKOSİSTEM}$$

Ekosistemdeki fotosentezin basit brüt denklemini aşağıdaki gibi ifade etmek mümkündür. Burada bir karbondioksit molekülünün indirgenmesi için 8 ışık kuvantumu kullanılmaktadır:



Bu 6 mol CO_2 'de 2872 kJ güneş enerjisi, kimyasal enerji şeklin de depolanmaktadır. Buradaki bir mol $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$ 'in ışık kuvantumu ihtiyacı $8 \times 6 \times N_A$ dır. N_A bir moldeki molekül sayısını ifade etmektedir.

Aslında birincil ürün üretimi bütünsel olarak ifade edilecek olursa o zaman canlının önemli oranda almış olduğu N ve P'yi de *biyosentez denkleminde* ifade etmek gerekir. Bunu da aşağıdaki birincil ürün genel denkleminde görmek mümkündür:



Ekosistemlerin verimliliğini (birincil ürün produktivitesini) net ürün, brüt ürün ve *respirasyon* (Solunum) ilişkilerinden bulmak mümkündür:

$$\text{Brüt ürün (BÜ)} = \text{Net Ürün (NÜ)} + \text{Respirasyon (R)}$$

Canlılar ister ototrof ister *heterotrof olsunlar* solunum yapmak zorundadırlar; bu nedenle de ototrof canlıların ürettikleri biyomasın bir kısmı kendi öz solunum ihtiyaçları için kullanılmaktadır.

Hayvanlar genelde **çok hücreli ve karmaşık** yapıya sahip olup besin maddelerini kendileri üretemezler ve dışardan temin ederler (**C-Heterotrof**). Bitkiler ise bunların tamamen tersi bir yapıya sahip olduklarından besin maddesi ihtiyaçlarını kendi kendilerine temin edebilirler. (**C-ototrof**). Fotosentez ile anorganik maddelerden (CO_2 , H_2O , NO_3^- , P_2O_5 , v.s.) organik madde inşaa ederler. Enerji kaynağı ise güneş enerjisidir. Yapı prensibi aktif, hareketli olmama ve geniş dış yüzeylere sahip olma esasına dayanır. Protistler ise genelde tek hücreli, morfolojik farklılaşma az, C- heterotrof ve C- ototrof organizmalardır. **Protistler** (*ilk canlılar, organizmalar, basit canlılar*) hayvanlara ve bitkilere kıyasla çok daha basit ve az farklılaşmış bir morfolojik yapıya sahiptirler.

Protistler: Yüksek protistler ve alçak protistler olmak üzere ikiye ayrılır. Yüksek protistler, hücre yapıları nedeni ile hayvanlara ve bitkilere benzerler (**Eukaryonten=ökaryotik**). Algleri, mayaları, küfleri ve protozoaları bunun için örnek olarak verebiliriz. Alçak protistlerin, hücre yapıları diğer organizmalara kıyasla çok daha basittir. (**Prokaryonten=prokaryotik**). Bunun için bakterileri ve mavi algleri örnek verebiliriz. Mikroorganizma terimi sözü edilen organizmaların boyutlarının çok küçük olmasını ifade etmekte ve oradan kaynaklanmaktadır.

Prokaryotik ve Ökaryotik Organizmalar

Organizmaların **temel birimi hücre**dir. Hücre yaşama yeteneği olan en küçük birimdir. **DNA, RNA protein, polisakkarid, lipid ve fosfolipid** gibi ana yapı taşlarından oluşurlar. Ancak hücreler yapılaşmada organizmada organizmaya çok farklılık gösterirler. Prokaryotik hücreler eskiden gelen organizmanın evrimini kanıtlayan kalıntılar, belirtiler içerir, prokaryotların gelişmiş, evrimleşmiş hali olan ökaryotik organizmalara karşı bağımsız üniteler halinde ortaya çıkmışlardır.

Ökaryotik organizmaların gerçek bir **çekirdekleri (Karyon veya nucleus)**, vardır. Bir takım kromozomlara dağılmış olarak **genom ve karyonun** içindedir. Dairesel kapalı bir şekilde dizilmiş DNA-molekülleri içinde ve ökaryotik organizmaların **organellerinde, mitokondrilerinde, kloroplastlarında** (bitkiler), bu genomların çok küçük birer parçaları bulunur. Prokaryotik organizmalarda ise membran tarafından çepeçevre çevrelenmiş bir çekirdek yoktur. **DNA** dairesel kapalı bir çubuk şeklinde, zararsız serbest olarak sitoplazmanın içinde bulunur. Bu bakteri kromozomu hücrenin çoğalması için gerekli olan tüm informasyonları içermektedir. Organelleri yoktur ve ribozomları ökaryotiklere kıyasla çok küçüktür.

Hayvanlar ve bitkiler yaşamak için mutlaka oksijene ihtiyaç duyarlarken, prokaryotik organizmaların bir çok grubu havasız ortamda da yaşayabilmektedirler. Büyümeleri ve yaşamaları için ihtiyacı olan enerjiyi anaerobik solunum veya fermentasyon yolu ile kazanmakta, temin etmektedirler.

Mikroorganizmaların Madde Dolanımındaki İşlevleri

Organizmaları **produktif** (üreticiler), **konsumer** (tüketiciler) ve **destroyerler** (paralayıcılar) olarak ayıracak olursak, biyoelementlerin evriminde, biyojeokimyasal döngülerde mikroorganizmaların rolünü daha iyi belirtmiş oluruz.

Başlıca element döngüleri:

- Karbon döngüsü
- Azot döngüsü
- Fosfor döngüsü
- Kükürt döngüsü

İnsanların Hizmetinde Olan Canlılar - Mikroorganizmalar

Mikroorganizmalar insanlara, hayvanlara ve bitkilere zararlı ya da yararlı olabilirler. Mikroorganizmaların hastalık yapan *patojen* özellikleri ile tıbbi ve/veya veteriner, biyologlar uğraşmaktadır. Mikroorganizmalar doğada ve sanayide zararlı organizmalar olarak ele alınabileceği gibi, bir çok kez yararlı da olabilirler.

- Klasik mikrobiyolojik yöntemler (şarap, bira, ekmek, süt ürünleri, sirke, v.b. gibi üretiminde yararlanıldığı gibi).

Örneğin gıda sanayinde çok miktarda kullanılan sütasiti, limon-asiti gibi maddeler *Aspergillus niger* (küf mantarları) yardımı ile üretilmektedir. Çok ucuz karbonhidratça zengin artıklardan *Clostridien* ve *Bacilli* organizmaları yardımları ile fermentasyonla Butanol, 2-Proponal, Butandiol ve diğer temel kimyasal maddeler üretilmektedir.

Antibiyotik Üretim

İnsanlar, penisilini ve bir çok bakterinin, mantarların, aktinomüsetlerin salgı ürünlerinin keşfinden sonra bakteriler tarafından oluşturulan enfeksiyon hastalıklarına karşı savaşımı bu *antibiyotiklerle* yapmışlar ve yeni yeni antibiyotikler bulmaya çalışmışlardır.

Yeni Mikrobiyolojik Yöntemler

Örneğin *Corynebacterium glutamicum* bulunduktan sonra bu organizma sayesinde şeker ve amonyum tuzlarından büyük bir verimlilikle *Glutaminasiti* elde edilmiştir. Bu organizmanın mutantları izole edilmiş ve onlara Aminoasitler, Nukleotidler, biyokimyasal maddeler teknik düzeyde ürettirilmiştir.

Mikroorganizmaların Monopol Konumu

Petrol, doğal gaz ve selüloz gibi maddeler sadece mikroorganizmalar tarafından biyomasa dönüştürülebilirler. Ara ürün oluşturulabilir. İyileştirme veya dönüştürme olaylarında mikroorganizmaların monopol konumu vardır.

Modern Gen Tekniği

Genetik *manipulasyonlarla*, örneğin insanın genetik informasyonunu taşıyan küçük bir parçayı bakteriye verip orada ona göre protein sentezi yaptırmak, *hormonlar, antijenler, antibody* ve diğer proteinleri üretmek mümkündür.

Mikrobiyolojinin diğer geliştirme ve uygulama alanları:

- Temel bilimlerde kullanılması ve geliştirilmesi.
- Çevre Mühendisliği'nde kullanılması, aerobik ve anaerobik mikroorganizmalar ;gaz, sıvı ve katı atıkların arıtma teknolojisinde yararlanılması.

BÖLÜM 1

MİKROORGANİZMALAR

1. Mikroorganizmaların Genel Özellikleri

1.1. Mikroorganizmaların Boyutları

Bakterilerin çoğunun çapı bir milimetrenin binde birinden daha büyük değildir. Bu nedenle de burada ölçüm birimleri olarak mikrometre veya nanometre kullanılır. ($1 \text{ mm} = 10^{-3} \text{ m}$) ve ($1 \text{ nm} = 10^{-9} \text{ m}$) Bakteriler $1 \mu\text{m}$ kalınlığında ve $2-5 \mu\text{m}$ uzunluğundadırlar. *Fototrof bakteriler* daha büyüktür. *Chromatium okenii* $5 \mu\text{m}$ enin de ve $20 \mu\text{m}$ boyundadır. *Thiospirillum jenense* $3.5 \mu\text{m}$ eninde ve $50 \mu\text{m}$ boyundadır. Mikrokokların çapları $0.5 \mu\text{m}$ 'dir.

1.2. Mikroorganizmaların Şekilleri

Şekillerine göre bakteriler dört gruba ayrılabilir (Şekil 1):

1. Bilya şeklinde ve küresel olanlar (*Koklar*)
2. Silindirik ve düz olanlar, çubuksular (*Bacillus*, *Pseudomonas*)
3. Kıvrımlı çubuksular, virgül şeklinde olanlar (*Vibriolar*)
4. Vida şeklinde olanlar (*Spiraller*)

Koklar; *diplokok*, *streptokok* ve *stafilokoklar* olarak ayrılmaktadır.

1.3. Mikroorganizmaların Bileşenleri

Bir bakteri hücresinin kimyasal bileşimi ise % 80 su (SM) ve % 20 katı maddeden (KM) oluşmaktadır. % 20 katı maddenin % 90'ı organik madde (OM) ve % 10'u da inorganik maddedir (İOM).

Hücre polimeri ise ;

- % 50 Protein
- % 20 Hücre duvarı
- % 10 - 20 RNA
- % 10 Lipid
- % 3-4 DNA'dan oluşmaktadır.

- Organik olanların elementer dağılımı (C₅H₇O₂N) :

Karbon	% 53
Oksijen	% 29
Azot	% 12
Hidrojen	% 6

- Anorganik olan kısmının elementer dağılımı:

P ₂ O ₅	% 50
K ₂ O	% 6
Na ₂ O	% 11
MgO	% 8
CaO	% 9
SO ₃	% 15
Fe ₂ O ₃	% 1

Tablo 1. Bir bakteri hücresinin elementar bileşenleri

Element	Kuru madde ağırlığı (% olarak)
Karbon	50
Oksijen	20
Azot	14
Hidrojen	8
Fosfor	3
Kükürt	1
Potasyum	1
Sodyum	1
Kalsiyum	0,5
Magnezyum	0,5
Klor	0,5
Demir	0,2
Diğerleri	0,3

Cyano bakterilerinin, mayaların ve protozooların boyutları 10 μ m'nin altındadır. Bu küçük organizmalarda yüzeysel alanın hacime oranı çok büyüktür. 1 cm kenarı olan bir küreyi, kenarı 1 μ m olan kürelere böldüğümüz zaman 10 küre (her biri 1 μ m³ olan) elde etmiş oluruz. Bunun bir tanesi de ortalama olarak bir bakteri hücresinin hacmidir.

Çok yüksek yüzeysel **alan/hacim oranına sahip olması** da bakterilerin fazla madde kullanabilmelerine neden olmaktadır. Örneğin genel kural olarak canlıların enerji tüketimi onların kütsel olarak ağırlıkları ile değil yüzeysel alanları ile doğru orantılıdır.

500 kg ağırlığında bir hayvan olan sığır 24 saat içinde 0.5 kg protein oluştururken, aynı ağırlıktaki maya hücreleri aynı zamanda 50 000 kg protein üretebilmektedirler.

Problem:

1. 1 kg bakteri biomasındaki karbon miktarını ve yakıldığında verebileceği enerji miktarını bulunuz.
2. 100 kg taze bakteri biomasındaki azot miktarını bulunuz.
3. 100 kg kuru bakteri biomasındaki oksijen miktarını bulunuz.
4. 400 kg ağırlığındaki bir sığır ile aynı ağırlıktaki maya hücrelerinin aynı zamanda üretebileceği protein miktarını bulunuz.

1.4. Bakterilerde Metabolizma Fizyolojisi Açısından Esneklik

Yüksek bitkiler ve hayvanlar enzimatik donanımları açısından oldukça sınırlıdır ve katıdır. Bakterilerde metabolik fizyoloji esnekliği vardır. Adaptasyon yetenekleri çok büyüktür.

Bir mikrokok hücresinde 100 000 protein molekülü için hacim vardır. Bu nedenle ihtiyaç duyulmayan enzimler, boşuna yedek olarak bulundurulmazlar. Eğer bir besin maddesi değerlendirmek için bir enzime ihtiyaç varsa ve o besin maddesi hücrenin etrafında bulunuyorsa o zaman onu değerlendirecek enzimler üretilir. *İnduktif enzimlerin* oranı bir hücre proteinin %10'u kadardır.

1.5. Mikroorganizmaların Yayılması

Boyutlarının çok küçük olması ekolojik önemlerini artırmaktadır. Onları her yerde bulmak, görmek, kanıtlamak mümkündür. Hava akımları ile de çok uzak yerlere ve yörelere taşınmaktadır. Doğal koşullarda hiç bir yere ve aşya ihtiyaç yoktur. Ancak tür ve populasyon zenginleştirilmesi gerekiyorsa o zaman aşı gerekli olabilir. 1 gram bahçe toprağında doğal besin maddelerinin hertürünü değerlendirecek türde ve sayıda bakteri vardır. Özel ve saf koşullarda, saf kültür elde etmek ekonomik ve teknik amaçlı olarak mümkündür.

Niceliksel (Kuantitatif) işlemler ve genetiksel araştırmalar daki gelişmeler ; Laboratuvarda mikroorganizma kültürü yapmak *O. Brefeld* ve *R.Koch* ve onların ekollerine dayanmaktadır. Jelatinli veya agarlı besi ortamları

bazı hücrelerin izole edilmesine, onların koloni şeklinde üremesine ve oradan da saf kültür elde edilmesine olanak hazırlamaktadır. Steril besi ortamı tekniğinin standartlaştırılması çok hızlı bir şekilde Tıbbi Mikrobiyolojinin oluşmasına gelişmesine neden olmuştur. Çaplarının çok küçük olması nedeni ile bir petri kabında veya reagenz camında 10^8 ile 10^{10} düzeyindeki hücre sayısının analizine imkan tanımaktadır. Böylece çok dar bir hacimde bazı yardımcı araçlarla değişimleri ve mutasyonları izlemek, saptamak mümkün olmaktadır.

2. Hücre ve Yapısı

Mikroskobun ve özellikle ışıklı mikroskobun, geliştirilmesi ve daha sonra elektron mikroskobunun bulunması, karanlık fon ve fazla kontrast mikroskopisinin geliştirilmesi yaşayan hücrelerin izlenmesini, incelenmesini kolaylaştırdı. Moleküler sahada inceleme çalışmaları diğer fiziksel ve kimyasal yöntemlerin yardımına ihtiyaç duyurmaktadır. Bunların yardımı ile *hücre komponentleri* izole ve karakterize edilir.

Hücre çözeltilerinden (*homogenatlar*) farklı santrifüjleme yöntemleri ile teker teker organeller ve fraksiyonlar ayrılır ve biyokimyasal olarak analizlenebilir.

Bu analiz ve inceleme yöntemleri sayesinde ökaryotik hücrelerle prokaryotik hücreler arasında çok önemli farkların olduğu ortaya konmuştur.

Her hücrede sitoplazma ve çekirdek malzemesi vardır. Dışa karşı sitoplazma membranı ile kapanmıştır. Bir çok bitki hücresinde ve bakterilerde görüldüğü gibi bu *protoplast* mekanik bir işlevi olan hücre duvarı tarafından çevrelenmiş olabilirler. (**Şekil 2; Şekil 3; Şekil 4**).

2.1. Prokaryotik Hücre ile Ökaryotik Hücrenin Farklılıkları

2.1.1. Eucyte (Ökaryotik Hücreler)

Hücre Çekirdeği

En önemli fark çekirdek yapısı ile çekirdek bölünmesi şeklidir. Çekirdek çekirdek kılıfı, delikli, iki tabakalı membran tarafından çepe çevre sarılmıştır. Çekirdek bölünmesi sırasında görünebilir hale gelen *genom* (kalıtım varlığı) ve bunu oluşturan DNA'lar *kromozom* olarak adlandırılan bir çok alt birimlerden oluşmaktadır. Şekil 5' de görüldüğü gibi bu çekirdek bölünmesi **mitoze olayı** ile gerçekleşmektedir.

Mitozun İki Fonksiyonu Vardır

Birincisi kromozomları boylamasına parçalayarak ve bölerek genetik malzemenin tıpatıp aynısının **reduplikasyonunu** sağlamaktır. Her kardeş çekirdeğe de kromozom takımının aynı şekilde aktarılmasını gerçekleştirmektedir. Kromozomların nasıl ikilendiği olayı henüz tam olarak açıklanamamıştır. Ara faz çekirdeği ışıklı mikroskopda **stürüktür** bakımından fakir bir görünüm arzederken, bölünme fazlarında kromozomlar kısalmakta ve görülür olmaktadır. Biraraya toplayan **iğ aygıtı** sayesinde kromozomun boylamasına ayrılmış parçaları karşı kutuplara doğru birbirlerinden ayrılırlar. İğ kaybolur, kromozom görülmez hale gelir, kardeş çekirdekler tekrar hücre kılıfı ile çevrenir.

Tüm yüksek bitkiler ve hayvanlar seksüel çoğalmaları sırasında çekirdek faz değişimi gerçekleştirirler. Döllenme sırasında üreme hücreleri veya gametleri kaynaşmakta ve çekirdeklerden **Zygote**'lar meydana gelmektedir. Dişi ve erkek cinsel hücreler aynı miktarda, sayıda kromozomla döllenmeye katkıda bulunmaktadır. Bu nedenle bir zygote çekirdeği iki kromozom takımına sahiptir. **Gametler (cinsel hücreler) haploid (tek takımlı)** iken, vücut hücreleri **diploid (iki takımlı)** dir. Bu nedenle gelecek cinsel nesile geçmeden önce yarılanması, bölünmesi gerekmektedir. Bu şekilde kromozom indirgenmesine götüren olaylara **Meiose** veya **reduksiyon** bölünmesi denilmektedir. **(Şekil 6)** Seksüel üreyen canlıların üremeleri için başlangıç ve **ana olay meiose olayıdır**. Bunun iki görevi vardır, anneden ve babadan gelen genleri yeniden kombine etmek ve kromozom sayısını azaltmaktır. Meiose olayı homolog anneden, babadan gelen kromozomlarla kromozom birleşmesi ile başlar. Kırılma ve çaprazlama birleşme yoluyla aynı boydaki kromozomlar arasında gerçekleşir. Bunu takiben çiftleşmiş, parçalanmış kromozomların iki kere **(iğ ağı oluşturma)** ayrımı olur. Sonuçta da **haploid çekirdekli** çok sayıda hücre meydana gelir.

Bir çok alçak bitkilerde örneğin alglerde ve protozoolarda kromozom bölünmesi zigot oluşumundan hemen sonra olmaktadır. Organizma haploiddir.

Ökaryotiklerin kromozomları içinde çok sayıda protein içerir DNA ipliklerinden oluşmaktadır. Bu proteinlerin bir kısmı **Wistone** adı verilen, bazik proteinlerdir. DNA ve **Nucleosome**'leri meydana getirirler. Bu nukleosom'ler kromozomların altbirimleridir (**Nukleosom - Kromozomgenom**).

Çekirdek de kromozom DNA'sından mRNA oluşmakta ve bunlar çekirdek membranının gözeneklerinden sitoplazmaya taşınmaktadır. **mRNA ve tRNA (Ribonükleik asit) Nucleolus'da** oluşturulmakta ve sitoplazmaya taşınmaktadırlar. Embriyonal veya yumurta hücresin de çok sayıda Nucleoli

vardır. Ökaryotik hücrede gen informasyonlarının taşınması bakımından çekirdeğin rolü çok büyüktür, fakat tek değildir. *Gen informasmyonlarının* bir kısmı mitokondrinin DNA'larında ve kloroplastlarda bulunur.

Sitoplazma (Cytoplasma): Sitoplazma dışarıdan sitoplazma membranı ile kaplanmıştır. Ökaryot'larda sitoplazma içinde çok sayıda reaksiyon odaları, bölmeleri vardır. **(Zistern, Vesikeln)**

Sitoplazma membranı *endoplasmik reticulum (ER)* ile içe doğru devam etmektedir. ER'nin bir kısmı da çekirdek membranının oluşturmaktadır. Gözeneklidir, **nükleikasitlerin, proteinlerin, metabolitlerin hücre ile sitoplazma arasında taşınmasını sağlarlar.** ER'nin bir kısmı ribozomlar tarafından işgal edilmiştir, ve *ham veya granüler ER* olarak adlandırılır. **Ribozomlar** protein sentez yerleridir.

Hayvansal hücrede özel membran organeli, **Golgi-Apparat**'ında enzimler sentezlenir ve burada depolanır. Bu organel de enzimlerin salgılanmasına (*sekresyon*) yardımcı olmaktadır.

Mitochonderien ve Chloroplaste

Ökaryotikler membran ile çevrelenmiş iki organelle (Mitokondiriler ve kloroplastlar) daha sahiptirler. Fazla kıvrımlı iç ve dış olmak üzere iki membrandan oluşan, lipitçe zengin ve şekil değiştirebilen mitokondiriler solunuma katkıda bulunurlar. İç membranda elektron transport zincirinin komponentlerini ve ATP-Sentaze'yi saklarlar. Algler ve yeşil bitkiler mitokondiriyin yanı sıra kloroplastları da bulundurlar. Kloroplastların iç membranlarında *fotosentez pigmentleri ve fotosentetik elektron transportunun komponentleri* depolanmaktadır.

Endocytose

Hücre dışı maddenin hücre içine alınışına *Endocytose* denir. İki çeşittir. Ökaryotikler sıvı veya şekillendirilmiş katı besin maddelerini alabilirler. Katı besin maddelerinin hücre içine alınmasına *Phagocytose* denir (örneğin kanın *Luecocyte*'leri ve amibler tarafından alınması).

Sıvı besin maddesinin hücre içine alınması söz konusu ise o zaman *Pinocytose*'den söz edilmektedir. Ökaryotların şekillenmiş katı besin maddelerini alabilmeleri biyolojide çok büyük bir önem arz etmektedir. Burada *Endosymbiose*'nin koşulları ve oluşum mekanizması görülmektedir.

Endosembiyoz Hipotezi

Ökaryotik organizmaların hücre organelleri ile prokaryotiklerin ki arasında ortak bir çok özellik vardır. Ring şeklinde kapalı DNA molekülüne sahipler, ribozomları 70S-Typ ve sitoplazma membranlarında *elektron transport zincirinin* *komponentleri* (*Flavine, Chinone, Demirlikükürtlü proteinler* ve *Cytochrome'lar*) bulunur. Respirasyon ve/veya fotosentez yolu ile enerji kazanılmasında görev alırlar.

Hareket Etme Organelleri

Ökaryotlar kamçı veya kirpiksi yapılarla hareket etme özelliğine sahiptirler (*Protozoalar, Algler, Spermatozoalar*).

2.1.2. Protocyte (Prokaryotik Hücreler)

Prokaryotik hücreler çok küçüktür. Bakterilerin büyük bir çoğunluğu çubuksu şekildedir, yaklaşık 1 µm eninde 5 µm boyundadır. *Pseudomonada*'lerin çoğunun çapı 0.4-0.7 µm ve boyu ise 2-3 µm'dir. Mikrokokların çapları 0.5 µm'dir.

Büyük bakteri sayısı azdır, bunlar çok yavaş büyürler (*Chromatium okenii, Thiospirillum jenense, Achromatium* v.s.). Ne mitokondiri, kloroplast gibi organelleri vardır, ne de DNA'nın etrafı bir çekirdek zarı ile çevrelenmiştir. İnce iplikli ağ biçiminde görülen çekirdek bölgesine hemen bitişik olarak ribozomlarla dolu sitoplazma vardır. Ökaryotiklerin mitokondriyin ve kloroplast membranlarında gerçekleşen enerji kazanma olayı, **prokaryotiklerin sitoplazma membranlarında gerçekleşmektedir.**

Prokaryotiklerin toplam genetik informasyonları bir tek DNA ipliği üzerindedir. Bakteri kromozomu bulunmaktadır. Bu DNA molekülü ring şeklinde kapalı bir çubuk halinde bulunmaktadır. Kontur boyu 0.25-3.0 mm kadardır. Bakteriler hücrelerin uzaması ve bölünmesi ile çoğalmaktadırlar. Bir çok bakteride görülen bir durum, bölünmeden sonra bölünmüş gruplar uzun süre bir arada kalmaktadırlar. Hücrenin ikiye bölünmesi, kromozomların da *replikasyonunu* (*ikilenmesini*) gerektirmektedir. Prokaryotikler haploiddirler. Prokaryotik hücrelerin çok azında hücre duvarı (*Murein veya Reptidoglyken*) vardır.

Bir ökaryotik ve prokaryotik bakteri hücresi **Şekil 2, Şekil 3, Şekil 4'** de görülmektedir. **Şekil 4'**de ise çeşitli tek hücreli bakteri şekilleri verilmiştir. Prokaryotiklerin çoğu ya yüzerek ya da kayarak hareket ederler. Yüzen bakterilerin hareket organelleri kamçılarıdır. Kamçılar ökaryotikinkinden çok

daha basittir ve sadece tek bir fibrilden oluşmaktadır.

2.1.2.1. Tek Hücrelilerin Maddesel Bileşimi

Tek hücrelilerin yaş veya kuru biyomas ağırlığı hücrelerin besi ortamından santrifüjü yapılarak tayin edilir. Sedimentleşmiş hücre biyomasında **%70-85 su vardır**. Kuru madde içreği, o halde yaş biyomasın **%15-30'u** kadardır. Hücrelerde bulunan rezerv maddeleri (*Lipid polisakkarid, polifosfat, veya kükürt*) fazla miktarda bulunursa, o zaman kuru maddenin yüzdesi de artar. Bakterilerin katı veya kuru maddeleri genelde polimerlerden oluşur: **%50 protein, %10-20 hücre duvarı, %10-20 RNA, %3-4 DNA ve %10 lipidler. On biyoelement ise: %50 karbon, %20 oksijen, %14 azot, %8 hidrojen, %3 fosfor, %1 kükürt, %1 potasyum, %0.5 kalsiyum, %0.5 magnezyum ve %0.2 demir olarak bulunur.**

2.1.2.2. Bakteri Çekirdeği

Bakterilerde DNA içerir, bunlar *diffus* olarak sitoplazmada yayılmıştır, bilakis diskret bölge ve sahalarda lokalize olmuşlardır. Bu sahalarda hücre bölünmesi ile birlikte bölünürler.

DNA'nını Yapısı

Deoksiribonükleik asiti (DNA) bir makro moleküldür. Asit hidrolizi ile yapı taşlarına parçalanabilmektedir: **Deoksiriboz, fosforikasit ve bazlar**. Bunlar aynı mol oranında bulunmaktadırlar. DNA'da dört çeşit baz bulunmaktadır: 1.*Purin bazları: Adenin (A) ve Guanin (G)* 2.*Pyrimidin bazları: Cytosin (C) ve Thymin (T)*.

DNA'da dönüşümlü olarak *pentozlar* ve *fosforik asitler* bulunur ve şekerde de herbirine dört baz bağlanmıştır. Böyle bir *Nucleotid zincirinin* belirli bir hedefi vardır, polar olarak inşaa edilmiştir. Bir tarafta 5' pozisyonunda fosfat grubu, diğer tarafta da 3' pozisyonunda da bir serbest hidroksi grubu durmaktadır.

Şekil 7'de DNA'nın yapısı görülmektedir. **Şekil 7'** de görülen A ile T'nin (A=T), G ile C'nin (G=C) bağları aynı sıkılıkta ve sağlamlıkta değildir. Buradaki hidrojen köprü bağları genelde elektrostatik doğaya sahiptir. OH ve NH₂ grupları ile sağlanmaktadır. O ve N şiddetli elektro negatif elementlerdir. Elektron çekimi yapmaktadırlar ve kendilerine bağlanan hidrojene de pozitif yük vermektedirler. Böylece pozitifleştirilmiş H-Atomları yalnız olan elektron çiftleri içeren elektron negatif gruplar tarafından çekilir ve böylece hidrojen köprüsü oluşturulur.

Hidrojen köprüsü bağları moleküller arası **Van der Waals** kuvvetlerinden daha şiddetlidir. **Bağlama enerjisi 38kj (9kcal)'dir**. Sıcaklık, ışık, dalga boyu, örneğin üre ilavesi veya magnezyum konsantrasyonunun değişimi gibi ekolojik abiyotik unsurların değişimi ile hidrojen köprüsü bağları bozulabilir.

DNA Replikasyonu

DNA hücrenin genetik informasyonlarını içerir. DNA'nın bölünmesi ve ikilenmesi, tıpatıp birbirinin aynı iki DNA-kromozomu oluşması hücre bölünmesi öncesi gerçekleşen bir olaydır. **Şekil 8'de DNA-Polmerazının** işlevlerinin biyokimyasal bazını, çift hatlı DNA'nın replikasyonunun ve daire şeklindeki bakteri kromozomunun replikasyonunu, bakteri hücresinin bölünmesini görmek mümkündür.

E.coli'nin kromozomunun ikilenmesi yaklaşık 40 dakika sürmektedir. Ancak E.coli hücresi uygun ekolojik koşulda **20 dakikada ikilenebilmektedir.**

DNA-DNA Hibritleştirilmesi

Isıtma halinde önceden de sözü edildiği gibi DNA'nın iki Nucleotid hatları hidrojen köprüsü bağının çözülmesi nedeni ile birbirinden ayrılmaktadır. Tek hatlar halinde *denatüre* olan DNA'nın yavaş soğutma yolu ile tekrar eski haline getirilmesi imkansızdır. Bu ara *komplementer* parçaların çiftleşmesi ve *reassosiasyonu* mümkün olmaktadır. İki farklı organizmanın tek DNA hattından birleştirilerek yeniden çift DNA hattı oluşturulması olayına "**Heteroduplex-Molekül**" denir. Bu olayı *eksperimantal* olarak izleyebilmek için bakterinin DNA'sının ağır veya radyoaktif izotopla işaretlemek gerekir.

Plazmidler

Bir çok bakteri, kromozom DNA'sı yanı sıra, aynı şekilde dairesel düzen içinde iki DNA hatlı DNA-Elementi içerirler, buna *plazmidler* denir.

2.1.2.3. Sitoplazma ve Membranlar

Sitoplazma, sitoplazma membranı ile hücre duvarını sınırlar. Sitoplazmanın içinde *vesikoller*, *Grana'lar* ve *çekirdek* bulunur. Sitoplazmada çözülebilir enzimler ve ribonukleik asit içermektedir, membran yanında öncelikle ribozomları ayırmaktadır. Çözünmüş enzimler çok sayıdaki ayrışma ve sentezleme olaylarını katalize etmektedirler. Çözünmüş *m-RNA*, *t-RNA* ve *ribozomlar* protein sentezine katkıda bulunurlar.

m-RNA (Messenger=m), ve *t-RNA* (Transfer=t)

Proteinler

Aminoasitler peptidleri, peptidler polipeptidleri oluştururlar. Polipeptid zincirinin hacimsel olarak belirli bir sıralanışı vardır (*Konformasyon*). Bu yapı yan bağlarla iyice stabil hale getirilmektedir Kovalent ve kovalent olmayan bağlar. **Şekil 9'** da proteinin yapısı görülmektedir.

Çeşitli bağlama tiplerine göre çeşitli derecede yapılaşma olmaktadır: **Primer yapı (stürüktür), ikincil yapı, üçüncül yapı ve kuvarter yapı gibi**. Fizyolojik koşullara bağlı olarak proteinler sıvı fazda bulunurlar, dolayısıyla su dipolu ile proteinler arasında karşılıklı bir etkileşim söz konusudur. Polar gruplar hidratize edilmişlerdir. **Proteinin yük durumunu etkileyen faktörler, örneğin H^+ , Ca^{++} , Mg^{++} , K^+ v.b. gibi iyonların** konsantrasyonu zorunlu olarak hidrotasyon derecesine ve böylece de proteinin şişme durumuna etki etmektedirler.

Ribozomlar

Ribozomlar, protein sentezinin yapıldığı yerlerdir. Elektron mikroskopunda sitoplazma içinde yayılmış tanecikler olarak görülmektedir. Bakteri ribozomlarının boyutları 16x18 mm'dir. Bakteri RNA'sının %80-85'i ribozomların içinde bulunur. Taze ribozomlar ultrasantrifuj içinde **70 Svedberg (70 S)** birim sedimentasyon hızı ile sediment haline geldiklerine göre, **70 S ribozomları** diye adlandırılmaktadır. Ökaryotiklerin sitoplazma ribozomları biraz daha büyük olduğu için **80 S ribozomları** olarak adlandırılmaktadır. Ribozomlar iki alt birimden oluşmaktadır, **30 S tanecikleri** ve **50 S tanecikleri**. Bunların her ikisi **70 S ribozoma** bütünleşir (**Şekil 10**). Bir bakteri hücresinde 5000-50000 ribozom vardır. Hücre ne kadar hızlı büyürse ribozom sayısı da o kadar fazla olur.

Bakterilerin 70 S ribozomları ile ökaryotiklerin 80 S ribozomları arasındaki fark, enfeksiyon hastalıkları ile mücaadelede çok büyük bir önem arz etmektedir. 70S Ribozomlarındaki protein sentezleri antibiyotikler tarafından engellenirken veya durdurulurken, 80 S Ribozomlarındaki protein sentezi hiç durmadan devam etmektedir.

RNA'nın Yapısı

Ribonükleik asit hem yapısı hem de yapı taşı açısından DNA'dan büyük farklılıklar göstermektedir. Polinukleotid hattının omurgası riboz ve fosforikasitten oluşmaktadır. Baz olarak ise aynı şekilde Adenin, Guanin ve Cytosin vardır. Thymin'in yerinde ise Uracil. Bunun dışında RNA'da Pseudouracil gibi nadir bazlar da vardır. *RNA hücrede tek hat olarak bulunur.*

Sitoplazma Membranı

Bakterilerin bitkilerin ve hayvanların sitoplazma membranları yaklaşık olarak birbirinin aynıdır, yapısal büyük bir farklılık arzetmezler. Bu nedenle de "**unit membrane**"den söz etmek mümkündür. **Hücre kuru maddesinin %8-15'ini membranlar oluşturur ve hücre yağının %70-90'ını da burada bulunur.**

Membran kuru maddesinin **%37-50'si lipidler (nötral, fosfolipidler), %50'sini proteinler ve %15-30'unu hekzozlar oluşturur.**

Sitoplazma membranı lipid çift katından meydana gelmiştir. Hidrofil kafalar dışa, hidrofob uçlar (*fosfolipidler ve Triglycerideler*) içe dönüktür. Sitoplazma membranlarının çok önemli metabolizma faaliyetlerinde bir rolü vardır. Hücre için ozmotik bir engeldir ve giren çıkan maddelerin kontrolünü yapar. Elementer membranın kapalı yağ filmleri köprü proteinleri sayesinde delik deşik edilir, bu proteinler porları oluşturur ve buradan da düzenli olarak madde taşınımı gerçekleşir.

Ökaryotiklerde mitokondiriyinin içinde bulunan elektron taşıma ve oksijenli fosforlaştırma enzimleri, bakterilerde membranın içinde veya hemen yanında bulunurlar.

Sitokromlar, demir-kükürt-proteinleri ve elektron transportunun diğer komponentleri tamamen membranda bulunurlar. Hücre duvarı ve kapsül malzemesinin sentezi de, ekzoenzimlerin salgılanması da buradan olmaktadır. DNA'nın replikasyon merkezi de buradadır. Hatta kamçıların çıkış yeri de burasıdır.

İntrasitoplazmatik Membranlar, Mezosomlar ve Lameller

Bazı bakterilerde sitoplazmanın etrafını çevreleyen membranlarda hiçbir girinti, çıkıntı yoktur. Bazılarında da vardır. Hatta membranlar stoplazmanın içinden geçer. **Fototrof purpur bakterilerinde intrasitoplazmatik** membranlar çok fazladır. Oldukça ince kesitler halinde olan bu membran sistemi hortum, boşluk, kabarcık veya vesiköln şeklinde kendilerini gösterir.

2.1.2.4. Hücre Duvarı

Bakterilerin hücre duvarı bir çelik bilya gibi katı ve sert değildir. Bilakis ince ve esnektir. İç basınç veya turgor ozmotik olarak ayarlanmaktadır. Hücre duvarından çok sayıda tuzlar ve alçak moleküllü maddeler geçebilmektedir.

Plazmoliz

Ozmotik etkiyi sağlayan şekerlerin ve tuzların hücre içindeki konsantrasyonu, hücre dışındakinden daha fazladır. Hücre içinin ozmotik değeri %10-20'lik sakkorozunkine eşdeğerdır. Hücre duvarının mücade ettiği kadar su hücre içine alınır. Eğer hücre dışındaki şeker, üre v.b. gibi madde konsantrasyonu artırılırsa, o zaman hücrenin suyu dışarı emilir, çekilir. *Protoplast* büzölür, sitoplazma membranı hücre duvarından ayrılır. Bu şekilde hipertonic ortamda oluşan bu olaya plazmoliz adı verilir.

Gram Boyama

Hücre duvarı gram boyamayla değişik renklere boyanır. **Gram (1884)** tarafından geliştirilen yöntemeye göre koyu viyolete boyanıp boyanmama çok önemli bir *taksonometrik* bir özelliktir. Bu aynı zamanda bakterinin diğer özellikleri ile *korelasyon* halindedir.

Gram pozitif bakterilerde hücre duvarının kuru maddesinin %30-70'i mürein ağından (kırk kat kalınlığında) oluşmaktadır. Gram pozitif bakterilerin hücre duvarında kovalent bağlı olarak polisakkaritler bulunur. **Protein içeriği azdır.**

Gram negatif bakterilerin mürein ağı tek katlıdır. Hücre duvarının kuru maddesinin %10'u kadardır.

Lippopolisakkaritlerin tabakasını stabil tutmak için Ca^{++} ihtiyaç vardır.

Hücre duvarının yapısının ve müreinin açıklanması olayı *Lysozym*'lerin ve *Penicillin*'lerin bakterilere etkisinin incelenmesi ile açıklığa kavuşmuştur. Yumurta beyazında, burun salgısında, göz yaşında bulunan *lysozym bakterisid* özelliği olan bir enzimdir.

Lysozym'ün yanısıra mürein iskeletini (yapısını) çözen çok sayıda enzim vardır. Antibiotik Penicillin daha ziyade gram pozitif bakterilere etki etmektedir. Bakterisid etki sadece gelişen, büyüyen organizmaya, hücreye karşı olmaktadır, dinlenme aşamasında olan hücre ise bu etkiden korunmuş olmaktadır.

Hücre Duvarının Oluşumu

*Mürein yapı taşı*nın biyosentezi ve *Peptidoglykan iskeletine* inşaatı üç adımda gerçekteşmektedir: İlk biyosentez adımı sitoplazmada gerçekteşmektedir, burada *muraminasitipantapeptid* oluşur, ikinci adımda ise sitoplazma membranında *N-Acetylglucosamin* ve beş *Glycyl kalıntıların*

muraminasitpentapeptidlerin bağlanması gerçekleşmektedir. Üçüncü adımda da *peptidoglykan* yapısına inşaatı ve peptid bağına eklenmesi olayı olur.

2.1.2.5. Kapsül ve Salgılar

Kapsüller mikroorganizmaları patojen bakterilere karşı dirençli yapmaktadır, (*Phagocytose*), deney hayvanları için *Virulenz*'i artmaktadır.

Kapsül, kapsülün içine girmeyen çini mürekkebi, *Nigrosin-Kongo* kırmızısı, gibi maddelerle ışıklı mikroskopda ispatlanabilir. Kapsül koyu fonda açık görülmektedir.

Kapsülün içindeki bir çok madde salgı olarak hücrenin dışına verilmektedir. Bakteri süspansiyonunun homojenleştirme veya sallama ile hücre yüzeyinden ayırmak mümkündür, böylece besi ortamından salgı olarak kazanmak mümkün olur. Besi ortamında sakkoroz varsa çok miktarda bir çok mikroorganizma tarafından salgı oluşturmaktadır.

Filament oluşturan bakterilerin (*Sphaerotilus natans* ve *Lepthothrix ochracea*) boru şeklinde kılıfları vardır. Bunlar heteropolisakkaridden oluşurlar (*glikoz, glucuron asiti, galaktoz, früktoz*). Salgılar tek hücreleri hücre birliğine bağlarlar. Bütünleşir böylece bir çok tek hücrelerden bir birlik meydana gelir.

Hücre duvarı dışında lokalize olmuş polisakkaritlere *eksopolisakkaritler* denir ve hücre duvarı ile oldukça sıkı bir bağ içindedirler, o zaman kapsülden söz edilir, eğer gevşek veya hiç bağlanmamışsa o zaman da salgı dan söz etmek mümkündür.

2.1.2.6. Kamçılar ve Hareket

2.1.2.6.1. Kamçılar

Yüzen bakterilerin hareketi kamçılarının **rotasyonu** ile olmaktadır. Kamçısız bakterilerin hareketi kayarak, sürürenek, emekliyerek gerçekleşmektedir, *Myxobakteriler, Cyanobakteriler* de görüldüğü gibi. Hareketli *Eubakterie*'ler (öbakteri) için çasıların bakteri hücrelerine bağlanış sırası ve düzeni onun karakteristiğini oluşturmakta ve taksonomik açıdan da büyük önem arzetmektedir. **Şekil 11'** de sıralanış şekilleri görülmektedir. Polar veya lateral bir şekilde dizilmektedir. Bu şekilde bakterilerin en önemli kamçılanma ve hareket tipleri verilmiştir. Bakterilerin çoğunun kamçıları fonu aydınlık olan mikroskoplarda görülmez. Ancak fonu kontrastlı, siyah yapılan mikroskoplarda kamçılar görünür hale gelir. En kolay görünme boyama yöntemleri ile veya

elektron mikroskobu ile olur. Polar kamçılar bakterilerde itici görevi (**geminin pervanesi gibi**) yerine getirirler. Böylece hücre ortama girer ve hareket eder. Rotasyon motorunun bağlantı yeri sitoplazma membranı içindedir, bir vida hattının fiktiv eksenı etrafında döner. Hareketi ya tek kamçı ya da kamçıların oluşturduğu kamçı demeti sağlar. **Kamçıların devir sayısı oldukça yüksektir (yaklaşık 3 000 devir/dak)**. Kamçılar her hangi bir dış uyarıcının etkisine göre spontane olarak dönme yönünü değiştirebilirler. Ancak geriye hareketin hızı ileriye hareket hızının dörtde biri kadardır.

Kamçılı bakteriler 1.6 mm/Dak. (*Bacillus megaterium*), 12 mm/Dak. (*Vibrio cholerae*) gibi yüksek hıza erişmektedirler. bu da yaklaşık olarak onların boylarının 300 ile 3000 katı kadardır.

Kamçının ince yapısı kalınlığı, boyu, vida hattının boyu ve *amplitude*'ne göre değişmektedir. Bu parametreler türleri karakterize eder. **Kamçıların filamentleri özel proteinlerden, Flagelin'den oluşmaktadır**. Kamçının tüm diğer kısımlarının moleküler mekanizması aydınlığa kavuşturulmuştur ve bilinirken, kamçının rotasyon motorunun moleküler mekanizması bilinmemektedir.

O- ve H- Antijenleri

Proteus vulgaris agar besi ortamı yüzeyini kaplayacak şekilde ince, gri bir film oluşturmaktadır. Bu kuvvetli hareketlilikten gelmekte ve hücreler ince bir zar şeklinde yayılmaktadır (*H-şekli*). Bazı türler de zar oluşturmazlar, bunlar kamçıları olmayan hareketsiz türlerdir (*O-şekli*). Kamçı antijenleri *H-Antijenleri*, hücre yüzeyi veya hücre kütlesi antijenleri ise *O-Antijenleridir*.

Fibriler ve Pili

Bazı bakterilerin yüzeyleri fibri veya pili olarak adlandırılan on binlerden fazla uzun, ince, düz ipliklerle kaplanmıştır. Bunların boyu 12 µm ve çapları da 3-25 nm kadardır. Bunlar kamçılı türlerde veya kamçısızlarda görülmektedir.

2.1.2.6.2. Hareketler

Aerotaksi

Mikroskop altında obje camı ile örtü camı arasındaki mikroorganizmaların hareketini izlediğimizde, bazılarının cam altında kalan hava kabarcıklarına, bazılarının da örtücamı kenarlarına doğru hareket ettiklerini görürüz. Bu da ihtiyaçları olan enerjiyi temin etmek için *aerob* solunum yapmalarının

gerektiğini göstermektedir. O halde *aerofil* bakteriler *aerotaksi* organizmalardır. Aynı benzer olayı ışık faktörünün değişimi durumunda görürüz. Enerjilerini ışıktan yararlanarak sağlayan bakteriler ışığın etrafında yoğunlaşırlar. Bu durumda ise organizmalar fototaksi grubuna girerler. Ayrıca manyetik sahaya göre yönelen mikroorganizmalar vardır. Bu hücreler kuru maddelerinde % 0,38 dolayında çok demir içermektedirler, kamçıların dip kısımlarına yığılmış olarak bulunurlar. Bu organizmalar da *mağnetotaksi* olarak adlandırılırlar.

Kemotaksi

Serbest hareket eden bakterilerin hareketine eğer kimyasal maddeler neden olmuştı o zaman bu (*Chemotaxis* = kemotaksi) olarak adlandırılmaktadır. Bakteriler kimyasal uyarıcılara karşı tavır göstermekte ve hareket etmektedirler.

Fototaksi

Fototrof purpur bakterileri enerji elde edebilmeleri için ışığa ihtiyaçları vardır. Bu nedenle de fototaksik reaksiyonlar göstererek ışıkta toplanmaktadırlar. Lam üzerinde sadece noktasal bir yerde ışık bırakıp, diğer kısmını karartığınızda bütün purpur bakterilerinin bu noktaya üşüşüğünü görürsünüz. Işıklı noktayı değiştirdiğinizde şoke olarak hemen o yöne doğru hareket ederler.

Magnetotaksi

Oksidasyon havuzlarında ve diğer tatlısu ortamlarında ve deniz çamurlarında yaşayan organizmalar arasında, manyetik sahaya göre hareket eden mikroorganizmalara rastlanmıştır. Bu organizmaların hücrelerinde kuru madde üzerinden %0.38 oranında demire rastlanmıştır. **Magnetit'ler** özellikle de kamçılara doğru konsantre olarak bulunmaktadır. Bakterilerin neden magnetotaktik davrandıkları bugüne kadar ekolojik açıdan açıklanamamıştır.

2.1.2.7. Hücrenin Yedek Maddeleri

Bir çok makroorganizmada belirli ekolojik koşullarda hücre içinde bazı maddeler depolanmaktadır: **polisakkaridler, yağlar, polifosfatlar ve kükürt**. Bu maddelerin oluşumunda etkin olan besin maddeleri yeterli miktarda besi ortamında varsa depolanma, birikim gerçekleşecektir. Bu besin maddelerinin olmaması veya enzimatik olarak alınması bazı engelleyiciler tarafından önlendiği takdirde, **hücre içinde suda çözünmeyen ve sert durumda bulunan (ozmatik inert)**, bu yedek maddeler ekolojik koşulların kötüleşmesi durumunda, hemen kullanım için ele alınmaktadır. Böylece dışardan enerji açığını ve ihtiyacını sağlayamayan organizma, metabolizma için **yedek**

polisakkaridleri, nötr yağları, poly-B-hidroksibuterik asiti karbon ve enerji kaynağı olarak kullanmaktadır. Böyle dış kaynaksız bile yaşamını sürdürebilmektedir? Spor oluşturmaları da bu sayede sporlarını oluşturmaktadır. Polifosfatlar fosfat deposu, kükürt de potansiyel hidrojen donatörü olarak görülmelidir.

Polisakkaridler

Mikroorganizmada polisakkarid depolanmasının varlığı *LUGÖL*'ün iyod çözeltisi ile **mavi renk (nişasta), veya kahverengi (glikojen) olarak** kanıtlanabilmektedir. Duvar polisakkaridleri ile yedek depolanan aynı glikoz moleküllerinden değildir. Birinde uzun halkalar şeklinde yapılaşma söz konusu iken diğerinde vidaya benzer şekilde yapılanma vardır.

Yağsı Maddeler

Yağ granulları, damlacıkları mikroorganizmanın hücresinin içinde oldukça yaygın vaziyette bulunur. Mikroskopta ışık kırma özelliklerinden dolayı kolay tanınırlar. *Lipophil (lipofil)* boya maddeleri ile kolay boyanmakta ve tanınmaktadırlar (**Sudan III, Sudansiyahı B**).

Polifosfatlar

Bir çok bakteri ve yeşil algler fosforik asiti polifosfat granulatı halinde depolayabilmektedirler. Bunlara *Volutin-Granula* veya *metakromatik Granula* adları verilmektedir. *Volitin-Granulate*'ler fosfat depolayıcısı işlevini görmektedir.

Kükürt

Sülfürü sülfata oksitleyen bir çok bakteriden kükürt geçici olarak depolanır. Gerek hücre için de depolanan gerekse de hücreden dışarı çıkan, kükürt sıvı şeklinde bulunur. Kükürt depolamanın boyutu ortamdaki hidrojen sülfür miktarına bağlı olarak değişir. Ortamda hidrojen sülfür yoksa, o zaman kükürt sülfata oksitlenir. Kükürt hidrojen sülfür oksitleyen bakteriler (*Beggiate-Thiothrix, Achromatium, Thiovulum*) için enerji kaynağı olarak görev görmektedir. Anaerob fototrof kükürt purpur bakterileri (*Chromatium*) için ise hidrojen donatörü işlevini yerine getirmektedir. *Cyano* bakterilerinde ve *Sphaerotilus natans* da görülen kükürt rezervleri (tanecikleri) organizmanın yaşadığı ortamda bulunan hidrojen sülfürü zehirsiz hale getirme sonucunda oluşan ürünlerdir.

Diğer Başka Yedek Maddeler

Bazı bakterilerde sporlardan başka spora benzer yedek depo maddesi (**parasporal kristal**) içermektedir, bunlarda protoksin vardır. **Bu protoksin proteini bazı böceklerin mide suyunda** çözülmekte ve organizmayı zehirlemektedir.

Gaz Vakuolleri

Çok sayıda suda yaşayan bakteriler, özellikle fototrof bakteriler, hatta renksiz bakteriler, halobakteriler, ve bazı *Clostridienler* gaz vakuollerine sahiptirler. Hücrelere, organizmalara özgül ağırlıklarını değiştirmeye, ayarlamaya fırsat vererek, askıda kalmasını yüzmesini sağlamaktadırlar.

Anoksik fototrof bakteriler (kırmızı bakteriler, *Lamprocystis*, *Amoebobacter*, *Thiodictyon*) ve yeşil bakteriler (*Pelodictyon*) hipolimniyonda, hemen sıcaklık atlama tabakasının altında anaerob yaşayabilmektedirler. Askıda kalma yeteneği sayesinde ağır suyun içinde hiç de hafif suya doğru hareket etmeden kalabilmektedir.

Buna karşılık oksik fototrof *Cyanobakterileri* de (*Ocsillatoria agardhii*, *Aphanizomenon flosaquae*, *Microcystis aeruginosa*) atlama tabakasının üst kısmında gelişmektedirler.

Her gaz vakuolünde çok sayıda gaz vesikeln'leri vardır. Her gaz vesikeln'i uçları konik biten silindir şeklindedir. İç kısmı hidrofob, dış kısmı da hidrofildir.

2.1.2.8. Endosporlar ve Devamlı Şekilleri

Sadece bazı **küçük bir bakteri grubu endospor oluşturma yeteneğine sahiptir**. Bunun nedeni de sıcaklığa dayanıklılığı artırmaktır. Diğerlerinin hepsi **80 derece C'de 10 dakika tutulması halinde ölmektedir**. İş ve masraf yoğun bir teknoloji ile (steril teknik) elde edilmek istenen sıcaklığa dayanıklı endosporların yok edilmesidir. **80-100 derece C'de 10 dakika ısıtılması ve kaynatılması halinde**, tüm vejetatif hücreler ölürken, sadece termoresistans olanlar canlı kalmaktadır, uygun bir ekolojik koşulu bulunca de gelişmektedir. **Şekil 12** 'de olgun bir sporun yapısı ve spor oluşumu görülmektedir. Sporlar bakteri hücresinin en iç kısmında oluşmaktadır. Spor oluşması protein içeren materyalin artması ile başlamakta ve spor sahasında ışık kırma yeteneği artmaktadır. Spor oluşumu bakteri hücresinin farklılaştırılmasında en karmaşık ve komplike bir prosestir.

Bacilli'ler de uygun yaşama koşullarında, spor oluşturmada vejetatif yolla bölünerek çoğalmaktadırlar. Örneğin Bacillus cereus'u iyi bir ortamdan alıp saf suyun içine atalım, hemen spor oluşmaya başlar, bir ara içine glikoz koyalım, o zaman spor oluşumu hemen kesilir, durur. Ekolojik koşullar spor oluşumunu regule eder, ayarlar. (Besin maddesi değişimi ile ayarlanması).

Vejetatif hücre aşısı yapıldıkça endospor oluşturma yeteneği kayıp olmaktadır. Ana hücrenin otolizi ile sporlar açığa çıkmaktadır. Olgun sporlarda metabolizma aktivitesi görülmemektedir. **Kimyasal maddelere, ışınlar ve sıcaklıklara karşı çok dayanıklıdır.** Örneğin Bacillus megaterium'un içerdiği su miktarı %15 dir. Dayanıklılığının bir nedeni de bu derece düşük su miktarı içermesidir. **Bir kuru kazeinin veya yünün içerdiği su miktarı da bu mertebededir.** Uygun ekolojik koşullarda tüm sporlar çimlenme, gelişme yeteneğine sahiptirler. Yapılan önışlemlere göre sporların çimlenme yeteneği artırılabilir. Örneğin; bacillus subtilis yedi gün dinlenme periyodunda, beş dakika boyunca 60°C'de su içinde ısıtılmasını, çimlenme stimülasyonu için en iyilenmiş işlem olarak kabul etmektedir.

Bazıları da sıcaklık şoku ile çimlenmektedir, 100° C'de 10 dakika kaynatmak sporların aktifleşmesi için yeterli gelmektedir. Bu olay reversibildir. Çimlenme sırasında solunum ve enzim aktivitesi artmakta, aminoasitleri, dipeptidleri ve peptidler açığa çıkmaktadır, kuru madde kaybı ise bu sırada %25-30 civarında olmaktadır. Çimlenme sırasında sıcaklığa karşı olan dayanıklılıkları yok olmaktadır. Sporlarda oluşan **çimlenme hortumları** sporun içinden polar veya lateral olarak dışarı çıkabilir.

Bakteriler **spor şeklinde ve latent yaşam tarzında 200-300 sene** kadar kuru koşullarda yaşayabilirler. Saklanmış örnekler vardır. Kuru bir toprak örneğinin **50 yıl** saklanması halinde, içindeki sporların %90'ını yaşam yeteneğini kaybetmektedir. **Buna rağmen bir ton kuru toprakta 1000 sene sonra da gene içinde canlılığını koruyan bir spora rastlanacaktır.**

Kuru durumlarda bakteriler canlılıklarını yıllarca saklı tuturlar. Bakterilerin konservesi kurutulmuş vejetatif hücrelerin dondurularak (Lyophilisation), oda sıcaklığında veya vakum altında düşük sıcaklıklarda saklanması ile gerçekleşmektedir. **Mutlak sıfır derecede mikroorganizmalar bir milyon veya daha fazla sene canlılığını koruyarak saklanabilir.**

Cyste, Exospor, Myxospor

Bakterilerin endosporlar dışında diğer sürekli hücreleri vardır. **Exospor, Cyste ve Myxospor** da bunlardan birileridir.

2.1.2.9. Mantar ve Bakterilerin Pigmentleri

Çok sayıda mantarların ve bakterilerin kolonisi belirgin renkleri ile görülmektedir. Bunun nedeni bir boya maddesinin ortama salgılanması veya hücrenin pigmentleri olabilir. Boya maddesi oluşturma olayı ve özelliği genetik olarak sabittir, tesbit edilmiştir. Renklilerin tanısı çok kolay olmaktadır.

Boya Maddeleri

Karotinoidler, Fenazin boya maddeleri, *Azakinonlar, Antosüyanlar* vb. gibi olabilir. Pigmentlerin veya boya maddelerinin UV-ışınlarına ve ışığa karşı koruyucu etkileri vardır. **Örneğin sarı, oranj ve kırmızı renk tonları karotinoidlerden ileri gelmektedir. Renksiz bakteriler renklilere kıyasla çok çabuk öldürülmektedir.** Görülen gün ışığının etkisi altında öldürme olayı havanın oksijeninin var olması, ve bunun neden olduğu fotooksidasyon yoluyla gerçekleşmektedir.

Foto Sensibilizasyon

Görünür ışıkta oksijene karşı duyarlılık artmaktadır. Bakteriler metilen mavisi, eosin, akridinoranj gibi canlıboya maddeleri ile boyandığı takdirde, görünür ışık uygulamasında boyanmamışlardan daha hızlı bir şekilde telef olmaktadır. **Boya maddesi molekülü ışığı absorbe etmekte ve enerjisini molekülüne vermektedir. Triplett** oksijenin (O_2) yapamadığını tahrik edilmiş, aktifleştirilmiş *Singulett* oksijen yapmaktadır. Oksidasyon reaksiyonları gerçekleşmektedir. **Örneğin içme suyuna metilen mavisi veya başka boya maddeleri ilave ederek foto sensibilizasyon yolu ile patojen bakteriler öldürülmektedir.** Purpur bakterilerinin yoğun kırmızı renkleri sadece koruma görevi görmemekte aynı zamanda, fotosentez için gerekli olan ışık enerjisini soğurmaktadırlar. Pigmentleşme besi ortamının bileşimine ve üreme sıcaklığına bağlı olarak değişmektedir.

Pulcherrimin

Candida pulcherrima bu boya maddesini oluşturmaktadır. Bu maya ve *Candida reukaufi* nektar içeren çiçek, meyva ve arı bağırsağından izole edilebilmektedir.

Prodigiosin

Karbonhidratlı besi ortamında *Serratia marcescens* diye adlandırılan, derin kırmızı renkte kolonilerden oluşan organizmalar görülür. Bunun rengi prodigiosin boya maddesinden ileri gelmektedir. Bu pigment aktinomüsetlerde

de görülebilir.

İndigoidin

Suda çözünmeyen mavi bir pigmenttir. *Pseudomonas indigofera*, *Corynebacterium insidiosum*, v.b. ekstra sellüler olarak salgılanmaktadırlar.

Violacein

Chromobacterium violaceum tarafından üretilen, salgılanan mavi viyoleto renkte boya maddesidir. Bu renk suda çözünmeyen Violacein pigmentinden dolayı meydana gelmektedir.

Phenazin Boya Maddeleri

Su bakterileri tarafından besi çözeltilisine bırakılan pigmentlerin çoğu Phenazin kökenlidir. Bunun en tanınmış derivatı ise *Pyocyanin*'dir. Bu madde *Pseudomonas aeruginosa* tarafından sentezlenmektedir.

Sekunder Metabolitler (Pigmentler)

Mikroorganizmaların pigmentleri sekunder metabolitlerdir. **Bazı pigmentlerin antibiyotik etkileri vardır.** Çok sayıdaki pigmentli mikroorganizma aynı zamanda antibiyotik oluşturmaktadır.

Pigment oluşturma ile metabolit oluşumu arasındaki ilişki çok sıkıdır. Bu nedenle de çok sayıdaki pigment oluşturmalar aynı zamanda antibiyotika ve diğer etki maddesi oluşturmaktadırlar.

3. Prokaryotik Organizmalar Taksonomisi

Prokaryotik mikroorganizmalar **Tablo 2 'de** toplu olarak **morfolojik özellikleri, metabolik özellikleri, taksonomisi (sınıflandırılması), ve nomenklaturu açısından (adlandırılması)** ele alınarak sistematik bir genel bakış verilmiştir.

***Species*=tür, *Genus*=cins, *Familia*=aile (-aceae),**

<Tablo 2>

3.1. Basit Bakteriler (Eubakteri)

3.1.1. Cocci ve Coccobacilli (Gram Negatif Koklar)

Bu grubda bazı koklar veya kısa çubuksular ele alınmaktadır. Gram negatiftir ve hareketsizdiler. Aerob ve anaerob olarak bazı enfeksiyonlara neden olan bakteriler, toprak bakterileri, salgı bezi bakterileri, memeli hayvanların bağırsak yollarında yerleşik olarak bulunabilirler.

Aerob Koklar

Neisseria oksidaz pozitif, hayvanlar için patojen bir bakteri. *Moraxella*'da aynı şekilde oksidaz pozitif ve penisiline karşı duyarlı. *Acinetobacter oksidaz negatif*, toprak ve su bakterisi.

Anaerob Koklar

Çok tanınmış çok katı anaerob gram negatif koklar *Megasphaera*, *Veillonella alcalescens*. Bunların her ikisinde karbonhidratları fermantasyona uğratamazlar. *V.alcalescens* insanların, hayvanların salgılarında, tükürüğünde bulunur. Organik asitleri parçalar: **asetatı CO₂ ve H₂'ye**.

Gram Pozitif Koklar (Cocci)

Gram pozitif cocci'ler için *Streptococcus*, *Pediococcus* (sütasiti bakterileri) örnek verilebilir. Cocci'lerin bazı soyları (*Staphylococcus aureus*) **patojendir**, bu etkiyi de toksinleri ve dışa salgıladıkları enzimlerle yaparlar. Diğer bazı soyları ise gıda maddesinde bulunurlar ve zehirlenmelere sebep olurlar.

Sarcina ventriculi ise topraktan izole edilebilir, ayrıca mideden rahatsız olan insanların mide suyunda bulunur.

3.1.2. Pseudomonad'lar ve Diğer Gram Negatif Çubuksular

Polar kamçılı tüm gram negatif kamçılılar "*Pseudomonade*" olarak adlandırılmaktadır. Spor oluşturmazlar ve aerobik yaşarlar. Çoğu *kemoorganotroftur*, bir kısmı da *fakultatif kemolitotorf* tur. Geniş bir organik madde yelpazesini metabolize edebilirler, heterosiklik ve aromatik bileşikleri değerlendirirler. Bazı türleri şekeri tam oksitleyemezler ve şeker asiti oluşur. Suda, toprakta, havada, atıksuda, kısacası fazla nazlı olmayışlarından, her yere uyum sağladıklarından, yaygın olarak bulunurlar. Mineral tuzları, organik asitler veya şeker hiç açık durmasın hemen oraya gelirler, yerleşirler. Suda çözünen

pigmentleri ile onları tanımak çok kolay olur.

Pseudomonas Türleri

Pseudomonas aeruginosa akvatik bir bakteridir. *Opportunist* olarak insanlarda da görülebilir. Orta kulak iltihaplanmasına sebep olurlar.

P.fluorescens* ve *P.putida toprak ve suda çok yaygın olarak bulunur ve çok sayıda organik bileşikleri oksitleme yeteneğine sahiptir.

***Kanthomonas*'lar** sarı pigmentli ve bitkiler için patojen olan türlerdir. *Kanthomonas campestris* enzimatik zor ayrışabilir eksopolisakkaridleri salgılamaktadır. **Bunlar da Pudding, Diyet çorbalarında, matbu bayerlarında vizkoziteyi artırması için kullanılmaktadır.**

Acetobacter*, *Gluconobacter* *Agrobacterium* metabolizmaları *pseudomonatlar gibi olan diğer aerob, gram negatif çubuksulardır.

***Rhizobium*'lar** *legumünoz* bitkilerinin endosimbiontlarıdır, azot tesbiti yaparlar.

***Halobacterium*'lar** tuzlu kanallarda, deniz tuzunda, suyunda, tuzlanmış besin maddelerinde bulunurlar. 3.5-5 molar NaCl çözeltisinde yaşayabilirler. Halofil bakteriler tuzsuz suya veya besi ortamına konulduğunda ölürler,

Endospor Oluşturan Çubuksular ve Koklar

Az veya çok ***termoresistans*** olma yeteneği çoğunlukla peritrik kamçıları olan çubuksu bakterilerde bulunmaktadır. Aerob ve anaerob spor oluşturmalar.

Aerob Spor Oluşturucular

Bunlar toprakta yerleşmişlerdir. Çok sayıda Bacilli hücre zincirlerini veya filamentlerini meydana getirirler. Ana hücrenin ve sporlarının şekline göre üç gruba ayrılırlar:

1. oval veya silindirik olup sporları ana hücreden geniş olmayanlar.
2. oval sporları ana hücreden geniş olanlar
3. oldukça yuvarlak olan ana hücrenin merkezine yerleşmiş spordan oluşanlar.

Anaerob Spor Oluşturucular

Clostridium türü *Cytochrome* veya *Katalase* içerirler. Çok miktarda flavin enzimleri içerdiklerinden **Clostridie**'ler havanın oksijeni ile temas edince hidrojenperoksit meydana getiriyorlar, bu da hücrelere toksit etki ediyor.

Clostridie'ler polisakkaridleri, proteinleri, aminoasitlerini, purinleri, v.s. fermante edip ayrıştırırlar.

C.butyricum, *C.cellosae-dissolvens*, *C.histolyticum*, *C.tetani*, *C. acidiurici*.

Ayrışma ürünleri ise: Butürat, Butanol, Aseton, 2-Propanol, H₂, CO₂, N₂.

Corynebacterium diphtheriae

Difteriye sebep olan çubuksu bakteridir. Mikroaerofilanaerob koşullarında yaşar, boğaz boşluğunda yerleşir ve ekzotoksinler salgılar, kanda dolaşır böbrek, sinir, kalb kaslarına etki eder. Bunların hayvanlar ve bitkiler içni patojen olan türleri vardır.

Arthrobacter

Bunun çok sayıdaki türleri toprakda bulunur. Bazı formları kamçılarıyla hareket ederler, bütün türleri aerob yaşar. Toprak uzunsüre kuru saklansa bile izole edilebilir. Halbuki bu sürede spor oluşturmayanların çoğu ölür. Toprakda dominant olarak bulunan bu bakteriler, aynı zamanda bazı soylarının bitkilerde ve arıtma tesisi çamurunda da görülür. Coryne şeklindeki bakterilerin bir çoğu besi ortamına glutemikasiti ve diğer aminoasitlerini salgırlar.

Myco Bakterileri

Mycobakterileri aerob solunum yapan bakterilerdir. Görünümlerine göre Coryne ile Nocradien arasında bir yer alır. **Müsel (Myzel)** oluşturmazlar, düzensiz, zayıf çıkıntılar şeklinde dallanmaları vardır. Gram pozitifdir ve hareketsizdir. Asite karşı da dayanıklıdır.

Mycobacterium tuberculosis, insanlarda tüberküloz hastalığına neden olurlar. Mycobakterilerinin bir çok türü toprakta da bulunur.

3.1.3. Kıvrımlı Çubuksular (*Spiriller* ve *Vibriyolar*)

Spiriller ve *vibriolar* kamçıları ile hareket eden gram negatif sucul bakterilerdir. ***Sprillum volutans*** türü domuz şerbetinde (sıvıldışkı) çok miktarda bulunur.

Volutin (polifosfatlar) ile tanısı yapılır. Vibriolar fakültatif anaerobdur, tanınmış ise *Vibrio cholerae*'dir.

Bdellovibrio bacteriovorus, aerob bakteriler için parazit olan bir bakteridir. Hücreler oldukça küçüktür, ancak kalın kamçıları sayesinde çok hızlı hareket edebilirler. **Hareket hızları ise 100 um/sn civarındadır**, saniyede vucutlarının 70 katı yolu kat ederler.

Katı (Obligat) Anaerob Vibriolar

Desulfovibrio, Selenomonas, Butyrivibrio, Succinivibrio.

3.2. Büyük Özel Gruplar

3.2.1. Filament Oluşturucu Bakteriler

***Sphaerotilus natans*, ipliksi bakterilerin en tanınmış olanıdır.** Atık su mantarı olarak da adlandırılan bu bakteri kirli sularda, akarsularda görülür. *İker Fabrikalarının tahliye* kanallarında, damlatmalı filtrelerde bulunur. Aktif çamur havuzlarında şişkin çamur oluşmasına neden olurlar, yumak oluşmasını engelledikleri içinde çökme olayını engellerler. Borularda, hendeklerde, tahliye kanallarında zengin gelişmeleri ve üremeleri sonucunda tıkanmalara da sebep olurlar. ***S.natans* tek hücreli**, gram negatif, politrik polar kamçılı bir bakteridir. Uzun ipliksi şekilde büyürler, çok ince bir zar tarafından (kılıf) bir arada tutulan arkaarkaya dizilmiş tek hücrelerden meydana gelmiş ipliksi görüntüsü vardır (**Şekil 13**).

Trichom Yapan Kamçılı Bakteriler

İnek gübresinden izole edilebilir, gram negatif ve peritrik kamçılı bir çubuksudur.

3.2.2. Kuyruklu ve Tomurcuklu Bakteriler

Salgılanan sapları, salgıları, kuyrukları ve *Hyphe* benzer uzantıları bakteriler, bu gruba girer.

***Prosthekte* bakterileri** ve tomurcuk oluşturucu bakteriler, ana hücreden tomurcuk oluşturarak çoğalırlar. Çok sayıda su ve toprak bakterileri bu gruba dahildir. Bu bakterilerin **kuyruklarına ve saplarına *Prostheka* adı verilmektedir.** *Crustaceen*'lerin, su bitkilerinin ve su yüzeyinde yaşayan diğer canlıların yüzeylerini itina ile incelediğimizde bu organizmaları görmek

mümkündür. Çok yaygın bir bakteri grubu da saplarının üzerine oturmuş durumda görünürler, *Gallionella ferruginea* fasülye şeklindeki hücreden oluşur. Konkav tarafından ince fibriller şeklinde salgılar bırakır. Spiral şeklinde demir hidroksit içerikli bamlardan oluşur, demir içeren sularda yaşar.

3.2.3. Aktinomüsetler (*Actinomycete*)

Müsel şeklinde üreyen, çoğalan bakteriler aktinomüset olarak adlandırılırlar. Daha ziyade toprakda bulunurlar. Gram pozitifler ve aerob olarak yaşarlar. Besi ortamında çok çabuk gelişirler agar üzerinde hava müselleri ve substrat müselleri meydana getirirler.

***Streptomyces*'leri**, ilkbaharda yeni sürülmüş topraktan gelen tipik koku ile tanımak mümkündür.

S. griseus*'dan** kokudan sorumlu olan bir yağ izole edilmiştir. (Geosmin***). Bu organizmadan aynı zamanda tanınmış antibiyotik olan *Streptomycin* elde edilmektedir. ***S. venezuelae*'dan** *Chloromycetin*, *S. aureofaciens*'den *Tetracycline*, *Aureomycin* gibi başarılı tedavi etkisi olan antibiyotikler elde edilmektedir.

Aktinomüsetler selüloz, sitin vb. gibi zor ayrışabilir besin maddelerini parçalamaktadırlar. Çamurda ve toprakda yaygın bulunan ***Micromonospora*'dır**. Aktinomüsetlerin sporları sıcaklığa karşı dayanıklı değildirler. Buna rağmen kuraklıktan etkilenmezler.

Thermoactinomyces vulgaris, sıcaklıklara karşı dayanıklı spor oluşturan tek aktinomüsettir, termofildir. Organik katı atıkların kompostlaştırılmasında çok iyi görev görürler. Kızışmaya ve termik dezenfeksiyona sebep olurlar.

3.2.4. Obligat Hücre Paraziti Bakteriler

Bdellovibrio bacteriovorus örneğinde olduğu gibi bazı bakteriler çoğalmaları için yaşayan hücreye bağımlıdır. Bu nedenle de bir çok bakteri endosimbiyotik organizma olarak böceklerin ve/veya siliatların içinde obligat belirli bir yere bağlı olarak yaşarlar ve çoğalırlar. Böyle bir yaşam tarzının nedeni ise metabolizmasının dejenerasyonudur.

Rickettsia

insanlarda hastalığa sebep olur. Yayılması veya bulaşması bit, pire vb. gibi canlılar yoluyla olur. Isırma, batırma ve çizme yolları ile konucu canlıya

geçerler. 1:3.5 oranında DNA:RNA içerirler. *R.typhi* endemik lekeli humma bulaştıracısıdır. *Coxiella burnettii* süt, toprak, yün ve post tozları tarafından insana iletilebilir. Pastörizasyon sırasında da ölmemektedir. İnsanda ateşli hastalıklara neden olmaktadır.

Chlamydia

Özellikle insanlarda trahoma hastalığını yapan *Chlamydia trachomatis* en tanınmışlardanır. *Konjunktivitis*'den başlar insanı körlüğe kadar götürür.

Glikozu fosforlaştıramadıkları için, aynı zamanda da parçalayamadıkları için faaliyetlerini konukçu hücrede sürdürürler. *ATP* ve *Coenzym A'yı* çok iyi geçirdiklerinden "*Enerji parazitleri*" olarak da görülmektedirler. *Obligat intrasellüler bakteriler* bir regresif gelişmenin ürünüdürler. Konukçu hücredeki uyumluluk bazı maddeleri sentezleme yeteneğinden gelmektedir.

3.2.5. Spirochaete

Bunlar tek hücreli kemoheterotrof bakterilerdir. Hücre yapısı ve hareket tarzlarının farklılığı nedeni ile ayırt edilebilirler. Hücre kütlesi katı değil, bilakis oldukça çok fleksibildir. Boyları 5-500 µm arasında değişirken, çapları 0.1-0.6 µm arasındadır. Bu nedenle de 0.2-0.45 µm gibi ince gözenekli porlardan, filtrelerden geçebilirler. ***Spirochaete*'lerin hücreleri a) Protoplazma silindiri, b) aksiyal fibriller, c) dış membran kılıfından oluşur.** Fibrillerin sayısı türden türe değişir.

Katı yüzeylere veya yerlere tutunmadan veya kayma gereği görmeden, kamçıları olmamasına rağmen hareket edebilirler, yüzebilirler. Bu hareketlerini fibrillere borçludurlar.

Serbest yaşayan *Spirochaete*'ler, akvatik (sucul) ekosistemde (göl, deniz, dere, lagün vb. gibi) bulunur.

S.plicatilis, tatlı ve tuzlu sulurda bulunur. Arıtma çamurlarında görülür.

S. zuelzeriae, çürük çamurlarda rastlanır.

Treponema pallidum türü ise *Syphilis* hastalığına neden olan organizmadır.

***Lephtospira biflexa* türü** de tatlı sularda (şebeke suyu, lagün, vs.) bulunur ve buralardan izole edilebilir. Su veya gıda yolu ile alınır ve kana karışır, böbreklere, karaciğere gider orada organların fonksiyonlarını sekteye uğratır,

olayı sarılığa kadar götürür.

3.2.6 Mavi Algler (Cyanobakteri'ler)

Prokaryotik organizmalara fototrof bakterilerin iki büyük grubu da dahildir:

- 1) anaerob yaşayan Purpur bakterileri ve yeşil bakteriler,
- 2) fotosentezi oksijen üreterek (oksijen fotosentezi) yapan Cyanobakterie'leri.

Mürein hücre duvarı ve hücre yapısı nedeni ile, 70S ribozomlarını bulundurmaları ve diğer bir çok özellikleri dolayısıyla gram negatif prokaryotiklere girmektedirler.

Fotosentetik aktivite gösteren prokaryotik organizmalar arasında en yaygın tür ve popülasyona sahip, her yere ve koşula uyabilir olması nedeni ile ekosistemlerdeki fonksiyonu ve görevi çok büyüktür. (**Şekil 14**).

Cyanobakteriler klorofil a ve diğer pigmentleri içermelerinden dolayı oksijen oluşturmaları, fotosentez yapmaları nedeni ile alglere ve yüksek bitkilere çok benzerler. Bu nedenle de "Mavi Algler" olarak alglere sınıflandırılmıştır. Ancak hücre bölünme mekanizması nedeniyle de günümüzde bakteri sınıfına alınmıştır.

Bazı Cyanobakterileri hareket edebilirler. Hareketleri kamçıları ile değil, **katı yüzeylerde kayma veya sürünme ile olmaktadır**. Morfolojik olarak ve sistematik açıdan bir ve çok hücreli şekillerine göre beş gruba ayırmak mümkündür:

Grup 1) Chroococcal Cyanobakteri'leri: tek hücreli çubuksular ve koklardır. Hücreler ya tek hücre olarak, ya da hücre agregatları olarak görülür. Hücreleri bir arada tutan yasalıklar, ya da kapsüllerdir. Hücre çoğalması ikiye bölünme (biner) veya tomurcuklanma ile olmaktadır.

Grup 2) Pleurocapsale Cyanobakteri: bunlar çoklu bölünme ile çoğalan tek hücrelilerdir.

Grup 3) İpliksi Cyanobakteri'ler için tipik bir örnek Oscillatoria'dır ve heterocyste'medi lotüüd, vejetatif hücrelerden oluşur.

Grup 4) Heterocyste'leri olan ipliksi Cyanobakteriler, Nostoc, Anabaena türleri. Hücre bölünmesi tekdüzedir.

Grup 5) Hücre bölünmesi tekdüze olmayan heterocyste'leri olan ipliksi Cyano bakterileri. Bilinen türü ise *Fischerella*.

Cyanobakteriler göllerde, sularda, pirinç tarlalarında, vb. gibi çok yaygın olarak bulunur. **Kaya veya taş parçası üzerinde koyu mavi veya siyah bir örtü olarak görülür.** Ötrofikasyona uğramış göllerde mavi-yeşil (*Anabaena*) veya kırmızı (*Oscillatoria rubescens*) algler kütle halinde vardır. Bazı türleri termofildir ve ısıya karış dayanıklıdır, bu nedenle pH 4'de ve 70° C'de yaşayabilirler (*Synechococcus lividus*). Hücrelerinin ince yapısı nedeni ile gram negatif bakterilerinininkine çok benzer. Birçok şekli *ekzopolisakkaridler* salgılamakta, bunlar ya salgı olarak çözeltiye geçmekte, ya da hücreyi kapsül olarak çevrelemektedir. Fotosentez aygıtı *Thylakoide* şeklinde sitoplazma membranına paralel olarak veya perifer protoplazma hacmine çok katlı sarımlar halinde bulunur. **Thylakoid membranında Chlorophyll a, beta Carotin ve Oxocarotinoidler bulunmaktadır.**

Glykogengranula, polisakkaridlerin depolanma yerleri.

Polifosfatgranula, polisakkaridleri biriktirme depoları,

Polibetabuterikasit, bu şekilde ise çok az sayıdaki organizmalar için depolama şekilleri.

Cyanophycin Danecikleri

Bunlar protein boyar maddeleri ile boyandıklarından polipeptidler tanınır hale gelmektedir. Asparagin asitinin polipeptididir. 1:1 oranında Asparat ve Arginin'den oluşmaktadır. Bu polimerin görevi N kaynağı olarak madde depolamaktır.

Carboxysome'lar

Cyanobakterilerin akvatik ekosistemde yaşayan türlerinde, özellikle tabakalı göllerde yaşarlar ve su çiçeği oluştururlar, çok yaygın olarak görmek mümkündür.

Heterocyste

Aerobik koşullarda N₂-Tespit yeri olarak görev görürler.

Akinete

Kalın hücre duvarları ve şiddetli pigmentlenmesi ile belli olan sürekli bir hücredir.

Hormogonie

Uzun *Trichome*'lerin kopması ile oluşan kısa *Trichome* dilimleridir.

Maeocyte

Küçük reproduksiyon hücreleridir, ana hücrenin çoklu ikiye bölünmesi oluşmaktadır.

Kayma Hareketleri

Katı bir yüzeyin üzerinde kayarak hareket edebilirler. Boylamasına eksen üzerinde *Trichom*'ların rotasyonu ile hareket gerçekleşir. Bu ara iplikçikler titreşir veya salınır (osilasyon) durumdadır ("*Oscillaatoria*").

Azot Tespiti (Bağlanması)

Tüm *Heterocyste* oluşturabilen Cyanobakterileri azot fiksasyonu yapabilirler. Anaerobik metabolizması olan Cyanobakterileri ise hidrojen sülfür konsantrasyonu fazla olan su katmanlarında görmek mümkündür. Anaerob ve fakültatif yaşayabilen bakterilerin önemi sadece bazı yerler için geçerlidir.

Obligat Fotoototrofi

Cyanobakterilerin çoğu sadece ışııkta gelişip, büyüeyebilirler, obligat fotoototrofturlar. Bazı soyları da kemoorganotrofturlar.

Prochloron

Yeni fotosentetik organizmalardan biridir, hem yeşil alglerin hem de prokaryotiklerin özelliklerini içerirler.

3.2.7. Kayarak Hareket Eden Diğer Bakteriler

Cyanobakterilerinin dışında çok az sayıda bir bakteri grubu da kayarak veya sürünerek hareket ederler. Bu gruplar:

1. Hücre içinde kükürt damlacıkları biriktirebilen bakteriler: *Beggiatoa*, *Thiothrix*, ve tek hücrelilerden olan *Achromatium*.
2. *Trichom*lardan oluşan, fakat kükürt depolayamayan bakteriler: *Vitreoscilla*,

Leucothrix ve *Saprospira*, *Simonsiella* ve *Alysiella*.

3. Tek hücreli, çubuksu şekilde ***Myxobakteriler***, ***Cytophage-Grubu*** ve ***ipliksi Flexibakteriler***.

Beggiatoa

Aerob, ipliksi, siyah çürük çamur içinde bulunur, (arıtma tesislerinde, yavaş akan akarsu kesitlerinde, denizde, hidrojen sülfür içerikli suların oksijen ile temas ettiği yerlerde bulunur. Sülfür sulfata oksitlenir. Ara ürün olarak elementer kükürt hücre içinde depolanır. *Thiothrix*, serbest hareket edemez. *Trichom*'lar bir zemin üzerine çalı şeklinde yerleşik dururlar. Çoğalmaları *Gonidien*'lerle olur. *Vitreoscilla*, renksiz, aerob çok hücreli ipliksi bir bakteridir. İnek dışkısından izole edilebilir. *Leucothrix*, epifitik olarak deniz alglerinin üzerinde büyürler, gelişirken.

Myxobakteriler

Kayarak hareket eden katı aerob, kemoheterotrof bakterilerdir. Toprak bakterileridir. Çürüyen odunda, yaprakda, hayvanların dışkılarında bulunur, onlardan beslenir. Beslenme tarzlarına göre bakteriyolojik ve selüloolitik türleri ayrılır.

Cytophage-Grup

Cytophaga ve *Sporocytophaga* olmak üzere iki türe ayrılır, toprakta selülozu parçalarlar. Kayarak hareket ederler. Bazı türleri de fakültatif anaerob yaşarlar ve glükozu organik asitlere parçalarlar.

Flexibacter türleri suculekosistem bakterileridir. Uzun fleksibil hücrelerden oluşur.

3.2.8. Anaerob Fototrof Bakteriler (*Rhodospirillales*)

Rhodospirillales'lerin fotosentetik pigmentleri vardır. Enerji kaynağı olarak da mutlaka ışığa ihtiyaç duyarlar. Basit bakterilerde görülen üç şekilde de (kok, çubuk ve kıvrımlı) görülürler. Burada üç familyaya rastlanır: 1. *Chromatiaceae* (kükürt purpur bakterleri), 2. *Chlorobiaceae* (Yeşil kükürt bakterleri), 3. *Rhodospirillales* (Kükürtsüz purpur bakterleri). Fototrof bakteriler, doğal phyloenetik grup olarak kabul edilmektedir.

3.2.9. *Mycoplasma* Grupları (*Mollicutes Grubu*)

Mycoplasma grubunun bireyleri bağımsız üreme yeteneğine sahip en küçük prokaryotiklerdir. Hücre duvarları yoktur. Dışa karşı sadece sitoplazma membranı ile kapalı olduklarından, hücreler ozmotik açıdan oldukça olabildirler. Bu nedenle de yumuşak derililer anlamına gelen mollicutes adı verilmektedir. Parazit bakteri olmalarına rağmen evsahibini öldürmezler. Enfeksiyona sebep olurlar.

Hayvanlarda da zararsız parazitler olarak görülür, memelilerin ve kuşların cinsel organlarında, Toksik madde salgılamamaktadırlar, ancak ev sahibi hücrelerle hücre duvarı olmayan hücrelerin sıkı ve yakın temasından dolayı amonyum iyonları, hidrojenperoksit gibi metabolizma artıkları ev sahibi hücrenin membranlarına zayıf toksik etki yapabilmektedirler. *Mycoplazmalar* bitkilerde ise sararmaya sebep olurlar. İletim hattının Phloem kısmında lokalize oldukları için de su ve madde iletimini etkilerler. *Spiroplasma citri* türü narenciyede solma hastalıklarına neden olur. Diğer bir çok türü de diğer bitkilerde görülmüştür. Mycoplasma grupları sadece hücre duvarları olmadığı için bir farklılaşma göstermez, biyokimyasal özellikleri de diğer bakterilerden çok farklıdır. Ya *izotonik*, ya da *hipertonik* besin ortamında büyürler (*Sorbit* veya *Sakkaroz* ile) ve *Purinlere*, *Pirimidinlere*, *Lipidlere* ve özellikle *Steroid* ihtiyaçları vardır.

Thermoplasma acidophilum

Bunların da *Mycoplasma*larda olduğu gibi hücre duvarları yoktur. 59°C'de ve pH 1 ile 2 arasında yaşarlar. Kendikendine kızıışmanın görüldüğü kömürü alınmış maden ocaklarında görülür. En küçük genom'a sahiptir.

3.2.10. Archaeobakterileri

Bazı bakteriler belirgin bir şekilde ökaryotiklerden farklıdırlar, farklı özellikleri vardır. Daha evrimin ilk yıllarında, Nuhnebi zamanında, bağımsız ve paralel olarak bir gelişme, evrimleşme olmuş olmalı ki, bu farklılıklar meydana gelmiş. Farklılıklar daha ziyade ribozomlarda, ribozom RNA'sında, transfer RNA'sında, hücre duvarı komponentlerinde ve membran lipidlerinde görülmektedir. Prokaryotiklerin evrimleşmesi sırasında çok erken ayrılma, farklılaşma oldu, bu nedenle prokaryotiklerin anasoylarından Mycoplasma ve Archaeobakteriler türediler.

4. Virüsler

4.1. Virüslerin Yayılımları ve Yapıları

Virus zehir demektir. DNA veya RNA genetik materyalinden oluşur, etrafı protein kılıfı ile kaplıdır (*Capsid*). Tek polipeptid zinciri *Capsid*'i meydana getirir. Yuvarlak görünen virüslerin çoğunun polieder olduğu anlaşılmıştır. Tercihen oluşan şekli ise yirmi yüzeyalanlı olanıdır (*Eikosaeder*). (**Şekil 15**). Virus bağımsız değildir, ancak bağımsızlaşmış genlere benzemektedir. Virus'u mikroorganizmalardan ayıran belli başlı özellikleri şunlardır:

- 1. Sadece tek tip nukleikasit içerirler ya DNA'ya da RNA.**
2. Reprodüksiyon için nukleikasite ihtiyaç vardır.
- 3. Canlı hücrelerin dışında yaşama ve yeteneğine sahip değildirler.**
4. Virüsler kendi kendilerine yaşayabilen bağımsız organizmalardan değildir.
- 5. Bölünereküreyemezler**
6. Canlı hücreleri çoğalmaları için kullanırlar
- 7. Konakçı hücrede çoğalıp onların ölmelerini sağlarlar; komşu hücrelere de geçip tüm hücre kompleksini tahrip ederler.**

Çoğalmaları ve gelişmeleri ev sahibi hücrede gerçekleşir. Protein kılıfının oluşması ve nukleikasitin replikasyonu için konakçı hücreye muhtaçtır. Gelişmesi ve üremesi evsahibi hücrenin ölmesine neden olmaktadır. Evsahibi hücrenin dışında virus partikili veya *Virion* olarak bulunur, bu da nukleikasitten ve protein kılıfdan (*Capsid*) ibarettir. Virus partikili bir Nucleocapsid'dir.

4.2. Virus Çeşitleri

4.2.1. Bitki Virüsleri

Yaralardan, berelerden (lezyonlardan) hücre içine girerler. Doğada virüsler ya doğrudan, yada vektorlar vasıtasıyla taşınırlar. *Cuscuta* (üçgül ipeği) haustorie'leri sayesinde bitkiye girerler ve iletim demet sistemi ile bitkiden bitkiye bağlantı kurarlar ve bu yolla da virüs taşınır. Virüslerin çoğu böcekler tarafından taşınabilmektedir. *Persistens* (dayanıklı) virüsler böceklerin sindirim sistemlerinde üremektedirler. Bu durumda böcekteki belirli bir inkubasyon süresi geçtikten sonra, bitkinin yeniden enfeksiyona uğraması mümkün olmaktadır. *Persistens* olmayan (dayanıksız) virüsler bir sinek sokması ile direkt doğrudan taşınabilir. Çok sayıdaki bitki hastalıklarının nedeni virüslerdir. Patates virüsünün ekonomik önemi çok büyüktür.

Tablo 3 . Önemli virüs grupları

Büyüklüğü nm	Virüs grubu	Virüs veya semptomu
	DNA	

300x250	Çiçek	Variola, Vaccinia, Molluscum contag.
100-150	Kabakulak	Herpes simplex, Varicella / Zoster
130	İnzekt virusu	İnzekt virusu
70-85	Adeno	Adenovirusu
40-55	Papova	Papillom (meme), Polyoma (tumor)
25x45	Bacterio	Kubik fajlar
25x200	Bacterio	T-fajlar
	RNA	
80-200	Myxo	Influenza, Parainfluenza, Boğmaca, Kızamık
20-60	Arbo	Saralık, Pappataci
60-75	Reo	Reo
17-30	Picarno	Poliomyelitis, Coxsackie, ECHO, MKS
40-80	İnzekt virusu	
18x300	Bitki virusu	Tütün mozaik virusu

TMV (Tabak Mozaik Virusü)

Tütün mozaik virusu en çok araştırılan virüslerden biridir. Bitki virüslerinin genetik materyali RNA'dır.

4.2.2. Zoopatojen Virüsler

İnsanlarda ve hayvanlarda hastalıklara sebep olurlar. Çiçek, su çiçeği, kızamık, kuduz, çocuk felci, (*Poliomyelitis*), gripal enfeksiyon, nezle, vb. Temas veya böceklerle taşınır. *Phagocytose* veya *Pinocytose* yolu ile hücreye alınır. Hayvan viruslerinin genetik materyali DNA veya RNA'dır. DNA'lar kaide olarak iki hat heliks'i (helix) şeklinde iken, RNA virusu ise tek hatlı polinukleotid zinciri şeklindedir.

4.2.3. Bakteri Virüsleri

Bunlar bakteriyi evsahibi olarak kullanırlar, orada konaklar-lar. (*Bacteriophage*). Bakteriye özgü virüslere bakteriyofaj denilmektedir. *Coliphage*, *Salmonellaphage*, *Actinophage* v.s. Bakteri içine giren virüsler kendilerini kısa zamanda o kadar çoğaltmaktadırlar ki, kısa zamanda tüm hücreler çözülmemekte ve evsahibi hücre erimektedir. Enfeksiyondan sonra Bakteri-DNA sentezi hemen durmaktadır. Toplam protein miktarı artmaktadır. DNA sentezi - Phage 'larda görülür. DNA sentezi için gerekli olan enzimler ise hemen enfeksiyondan sonra oluşur. Bakteriophage'lerin nükleik asitleri ya çift ya da tek hatlı DNA'lardan veya tek hatlı RNA'lardan oluşmaktadır. Model organizma olarak *Escherichia coli* detaylı olarak araştırmacılar tarafından

incelenmiştir.

4.3. Virusun Yapısı

Virion diye adlandırılan virus taneciği nükleikasitten (DNA veya RNA)'dan ibarettir ve bir protein kılıfı ile kaplanmıştır. Bu protein kılıfının adı ise Capsid'dir. Capsid ile çevrelenmiş nükleikasit ise Nucleocapsid olarak adlandırılır. Bu ya yalın olarak bulunur ya da bir membran kılıfı ile çevrelenmiş olur.

Capsid alt birimlerden, Capsomer'lerden oluşur. Capsidler simetrik olarak yapılmıştır. İki çeşit simetrik yapı vardır:

1. kübik simetri,
2. helicale (kıvrımlı) simetri. (**Şekil 16 ve 17**).

4.3.1. Tütün Mozaik Virusu

TMV helicale simetri sistemi için tipik bir örnektir. Çapı 18 nm olan bir çubuksu gibi görülmektedir. Çubuksu şeklindeki *Nucleocapsid*'ler 2100 Copsomerlerden oluşmaktadır. Bunlarda bir vida hattına yerleşmişler ve içi boş bir silindir oluşturacak şekilde dizilmişlerdir. Her *Capsomer* de **158 aminoasitten** meydana gelen polipeptid zincirinden oluşmaktadır. RNA hattı da vida linyesini izlemektedir.

4.3.2. İnfluenza Virus (Grup Virus)

Nucleocapsid'lerin kılıfla çevrelenmiştir. Bu kılıf ev sahibi hücre membranının bir parçasıdır. Bir çok reaksiyonlar sonunda burun boğaz bölgesindeki epitel hücrelerinin akmasına neden olabilir.

4.3.3. Kılıfsız Polieder Virüsler

Küre şeklinde olan çok sayıdaki virus poliederdir.

4.3.4. Kılıflı Polieder Virus

Kılıf membranı ev sahibi hücrenin hücre çekirdeği membranının içinden gelmektedir. *Varicella* su çiçeği yapan bir virustur ve buna bir örnek olarak verilebilir.

4.3.5. Çiçek Virus

Hayvan patojen diye adlandırdığımız virüslerin en büyüğüdür. DNA, protein ve çok sayıda lipidleri içerirler. Kurumaya karşı çok dayanıklıdır. Dolayısıyla da bulaşıcıdır.

4.3.6. Bakteri Virüsleri (Bacteriophage)

Virus sürekli üreyen gelişen hücrede çoğaldığı için bakteriyofajların izolasyonu çok zordur. Bakteriofajların yapısı Escherichia coli'nin T-serisinin fajları olarak açıklanmıştır. Coliphage T2 100 nm'lik polieder kafadan oluşmaktadır. (**Şekil 18**). Bu kafaya aynı uzunlukta kuyruk yerleşmiştir. Kafa DNA'yı çevreleyen Capsomer'lerden oluşur. Protein ve DNA aşağı yukarı aynı oranda mevcuttur.

Virulent Phage'ın Çoğalması

Lytisch Cyclus, virus ev sahibi hücreyi işgal ettikten sonra, taşınabilir virus kasımları oluşturana kadar ki aşamada gerçekleşen tüm biyokimyasal, genetiksel ve morfolojik olaylar bilinmektedir. Diğer virüsler gibi bakteriofajlar da hareketsizdir. Her faj herbakteri tarafından adsorbe edilmez. Özgün evsahibifaj ilişkisi vardır. Bu da hücre duvarındaki reseptor madde ile ilgilidir. Reseptor maddelerinin bulunmaması halinde bakterilerin faj resistan olduğunu görülür.

Fajların İntrasellüler Gelişmesi

Adsorbsiyondan sonra DNA'nın hücre içine verilmesi (enjeksiyonu) başlar. *Faj DNA'sı* ile kılıf proteini birleşince enfeksiyöz olgun fajlar meydana gelir. *Faj Lysozym*'leri hücre duvarını yumuşatır. Fajlar da böylece açığa çıkar. Fajlar patlarcasına hücreyi terk ederler, bu fonu kara olan mikroskopda görülebilir.

Temperent Fajların Gelişmesi (Lysogenie) İlmli Fajlar

Lysogen bakterilerin morfolojik ve serolojik özellikleri belirtmeden, faj üretmek için potansiyel bir yeteneğe sahiptirler. Fajların bulaşıcılığı olmadan hücreden hücreye verilmesine *Prophage* denir, bakteri hücresinin diğer özellikleri gibi profaj da kalıtsaldır. *Lysogenbakteriler* bir enfeksiyona karşı profajlarından dolayı immun (bağışıklı) davranırlar.

Virüslerin Tumor Oluşumundaki Etkinlikleri

Virüslerin tumora neden olduğu belli bir süreden beri bilinmektedir. İnsanlarda, hayvanlarda ve bitkilerde kansere neden olmaktadır.

HI-Virus

AIDS'e sebep olan HI-Virus'u doğrudan kanda saptanabilmektedir. FCS (*Fluoreszens-Korrelations-Spektroskopie*) yöntemi ile kesin olarak belirlenebilmektedir. Bu yöntem özellikle de kan bağışları aşamasında çok önemli bir işlevi üstlenmektedir. Bu cihaz sayesinde sarılık virüsü gibi diğer zararlı virüsler de saptanabilmektedir (Schwab,1994).

5. Mantarlar (Fungi=Mycota)

Mantarların en yaygın olanı şapkalı olanıdır (*mykes, fungus*), ve ökaryotik organizmalardır. **Fotosentetik pigmentleri yoktur. C-heterotrof (kemoorgano-heterotrof)** organizmadırlar. Aerob koşullarda yaşarlar ve enerjilerini organik maddelerin oksidasyonu ile sağlarlar. **Vejetasyon kütlelerinin adı Thallus'dur**, 5 um kalınlığındaki ipliklerden oluşur, Bu iplikler (Hyphen) sitoplazma ve hücre duvarlarının şekillen-mesinden meydana gelir. Bir mantar Thallus'unun toplam iplik külesine **Myzel (Mycelium)** adı verilir. Mantarların üremeleri seksüel veya aseksüeldir. Aseksüel üremede mantarlar spor oluşturarak çoğalırlar. ipliklerin ucunda *konidiosporlar* boğumlanmakta ve kopmaktadır. (*Penicillium, Aspergillus*). Eğer iç kısımda spor oluşuyorsa, buna *sporangiosporları* (*Mucor, Rhizopus*) denilmektedir. Alçak mantarlarda **Sporangiosporları kamçıları ile hareket ederler**, biz bunlara *Zoospor* deriz. Seksüel üreme için ise diğer ökaryotiklere söylenenler geçerlidir. Yani iki farklı çekirdeğin birleşmesi ve kaynaşması olayıdır. (**Şekil 19 ve 1.20**).

Plasmogamie

Eğer iki mantar hücrelerinin protoplazmaları birleşirse, oluşan hücrenin iki çekirdeği vardır. Sınıflandırılmasında, Mycetes takısı tüm takımları sınıf olarak birleştirir. **Ales** takısı tüm aileleri takıma toplar. **Aceae** takısı cinsleri aileye, birleştirir. **Tür Cins Aile Takım Sınıf** şeklindeki ilişki ile sınıflandırmayı anlatmak mümkündür.

Belli başlı sınıfları aşağıdaki gibi sıralamak olasıdır:

- i. Acrasiomycetes** (tek hücreli salgı mantarları)
- ii. Myxomycetes** (gerçek salgı mantarları)
- iii. Phycomycetes** (alçak mantarlar)
- iv. Ascomycetes** (hortumlu mantarlar)
- v. Basidiomycetes** (Saplı, bazlı mantarlar)
- vi. Deuteromycetes** (Fungi imperfecti)

Burada Ascomycetes, Basidiomycetes, Deuteromycetes'ler Eumycetes' (Yüksek

mantarları) oluşturur. Phycomycetes'ler alçak mantarlardır.

i. Acrasiomycetes'in ana birimi çıplak, tek çekirdekli, haploid amüplerdir. Pseudopodie'ler ile besi ortamında hareket ederler, bakteri hücreleri ile çoğalırlar. (Bakteri hücrelerinin Phagocytose'leri ile).

ii. Myxomycetes ökaryotiktir. Üreme organından dışarı atılan sporlar rutubetli ortamda hemen gelişirler. Sıvı besin maddelerinden, bakterilerin Phagocytose'lerinden, mayalardan ve mantar sporlarından beslenirler.

iii. Phycomycetes mantarların büyük bir grubu bu alçak mantarlar sınıfında toplanır. Sucul ve karasal ekosistemde yaşayanları vardır. Chytridiomycetes, Oomycetes, Zygomycetes.

iv. Ascomycetes Ascus denen hortumsu görünüşleri vardır. Bunun içinde de Ascosporlar oluşur. Mayalar *Protoascomycetes*'lere dahildir.

v. Basidiomycetes, en gelişmiş mantar grubu olarak kabul edilir. Basidiosporların çimlenmesinden sonra ilk iplikler oluşur.

vi. Fungi imperfecti, seksüel perfekt safhası eksik olan tüm mantarlar bu grupta ele alınmaktadır. Konidien safhası Ascomycetes'lerinininkine çok benzemektedir.

6. Protozoalar

Protozoalar beslenme zincirinde bir üst düzeyde olan mikroorga-nizmalardır. Çevre teknolojisi uygulama alanlarda bir çok tesisi ve reaktörlerde bakterilerle birlikte bir arada görünür-ler ve indikatör organizma olarak da kullanmak mümkündür. Aynı durum akarsuların kirlilik düzeylerini belirlemek için de geçerlidir. Çevre Tekonolojisi için bu kadar önemli mikroorga-nizma olan *Protozoalar* aşağıdaki gibi sınıflandırılır:

- i. Sarcodina* - Yalancı ayaklılar
- ii. Mastigophora* - Kamçılılar
- iii. Sporozoa* - Parazit ve spor meydana getirirler
- iv. Ciliata* - Silliler (tüylüler)
- v. Suctoria* - Dokunma ve kavramaları için organelleri olanlar.

***i. Sarcodina* - Yalancı ayaklılar**

Bir hücre duvarı yoktur. Protoplazmaları akım ve akış halindedir, bu sayede de

hareketlerini sağlarlar. Amüpler örneğinde olduğu gibi (**Şekil 21**).

ii. Mastigophora - Kamçılılar

Hücre duvarları vardır, kamçıları ile hareket ederler. Fitomastigophoralar erimiş, çözünmüş organik maddeleri besin maddesi olarak kullanırken, Zoomastigophoralar da bakterileri, algleri ve diğer protozoaları besin maddesi olarak kullanırlar (**Şekil 1.22**).

iii. Sporozoa - Parazit ve Spor Meydana Getirenler

Patojen ve paraziter bir organizmadır.

iv. Ciliata - Silliler (Tüylülüler)

Sillerin hareketi sayesinde yerlerini değiştirirler. Sapları ile bir yere tutunarak yaşayanları da vardır. Paramecium (terliksi hayvanlar) en yaygın bilinen bir örneğidir (**Şekil 23**).

v. Suctoria - Dokunma ve kavramaları için organelleri olanlar: Bunların yaşamları iki evreden geçer. Yaşamlarının ilk evresinde serbest yüzerler, ve erişkinleri ise sapları ile bir yere tutunarak yaşarlar (**Şekil 24**).

6.1. Protozoaların Metabolizması

Protozoalar aerobik ve heterotrof canlılardır. Çözünmüş organik maddeyi, çok miktarda da bulunsa (**5000 - 10 000 mg/l**) besin maddesi olarak kullanarak yaşarlar. Genelde yeterli miktarda çözünmüş organik madde bulamadıklarından bakteri yiyerek yaşarlar. Hücre içine aldıkları besinleri sindirdikten sonra , artık maddeleri hücre duvarından dışarıya sıvı ortama atarlar. Her protozoa türünün yediği bakteri türü farklı farklıdır. Ağızlarının tadını çok iyi bilmektedirler.

Protozoaların bakterileri besin olarak kullanmaları Çevre Mühendisliği uygulamaları açısından çok önemlidir. Protozoaların ampirik kimyasal denklemleri ise:



7. Metazoolar

7.1. Rotiferler

En basit çok hücreli hayvanlardır. Üzerlerinde birbirine ters yönde hareket eden sillerin bulunması en belirgin, ve karakteristik özellikleridir. Sillerin bu hareketleri ile besinlerini yakalarlar ve aynı zamanda da hareket ederler.

Katı bir maddeye tutunabilmeleri için çatallı kuyrukları vardır. Bakterileri besin maddesi olarak kullanırlar. Çözünmüş organik madde konsantrasyonunun düşük miktarda bulunduğu ortamda yaşarlar. Bundan dolayı da suların arıtılmışlığının bir göstregesidirler. Sillerin bulunduğu kısımdan çok miktarda su alarak içinde bulunan bakterileri metabolize ederler ve atık maddeleri de buradan atarlar (Şekil 25).

7.2. Crustacealar

Bunlar sert kabuklu ve çok hücreli aerobik organizmalardır. Bazı türleri çıplak gözle de görülebilir. Bakteriler ve algler bunların besin kaynaklarıdır. Kendileri de balıklara besin kaynağı olmaktadırlar. *Daphnia* , *Cyclops* en tanınmış olanlarıdır.

7.3. Kurtlar ve Larvalar

Bunlar biyolojik çamurlar içinde, akarsularda, gölde, taban çamurlarında yaşarlar. Aerobik olan bu organizmalar katı organik maddeleri metabolize ederler.

Bu organizmalardan göstergeç (**indikatör**) organizma *Tubifex* isimli kurt ve *Chironomidae* isimli larvalardır. Tubifex'ler çok kirli akarsularda ve göllerde yaşarlar. Chironomidae'lar ise aktif ayrışmanın sona erdiği ve akarsuyun artık temizlendiği bölgelerde bulunur ve bu iki organizma da kırmızı renktedir.

8. Planktonlar

Dalga ve akıntılarla hareket eden küçük canlılardır bunlar da fito-plankton ve zooplankton olmak üzere ikiye ayrılırlar. Nektonlar ise yüzerek yer değiştiren diğer canlılardır. Planktonlar sucul ekosistemdeki beslenme zincirinin ilk halkasını oluştururlar. Planktonlar mikro ve makro organizmalardan oluşmaktadırlar. Atıksu lagünlerinde bol miktarda görülürler (Şekil 26) .

9. Mikroorganizmaların Beslenmesi ve Gelişmesi

Mikroorganizmaların gelişmesi için suya ve suyun içinde de besin maddesi diye adlandırdığımız maddelere ihtiyacı vardır. Bunlar sayesinde hücrelerini inşaa ederler ve enerji kazanırlar.

Her mikroorganizmanın besin maddesi ihtiyacı ve ekolojik koşul istemi birbirinden farklıdır. Bu nedenle de çok sayıda besi ortamı reçetesi vardır.

9.1. Element Halindeki Besin Maddesi İhtiyacı

9.1.1. Makro Besin Maddeleri

Hücresinin kimyasal bileşimine bağlı olarak on makro elemente ihtiyacı olduğunu görürüz: **Karbon, oksijen, su, azot, kükürt, fosfor, potasyum, kalsiyum, magnezyum, demir.**

9.1.2. Mikro Besin Maddeleri

Mangan, Molübden, Çinko, Bakır, Kobalt, Nikel, Vanadyum, Bor, Klor, Sodyum, Selenyum, Silisyum, Volfram, vb. Tablo 4'de basit bir sentetik besi ortamının bileşenleri verilmiştir.

Tablo 4. Basit bir besi ortamı (*E. Coli* için ideal bir besi ortamı)

K ₂ HP04 ₄	0.50 g
NH ₄ Cl	1.00 g
Mg.S04.7H ₂ 0	0.20 g
Fe.S04.7H ₂ 0	0.01 g
CaCl ₂ .2H ₂ 0	0.01 g
Glük0z	10.00 g
Su	1000.00 ml
İz elemetli stok çözelti	1.00 ml

E. Coli bakterilerinin kullanabileceği bazı *karbon kaynakları* aşağıdaki gibidir:

<i>Monosakkaridler</i>	<i>Disakkaridler</i>	<i>Asitler</i>	<i>Alkoller</i>
Glukoz	Maltoz	Asetat	Gliserin
Fruktoz	Laktoz	Sukkinat	Mannit
Mannoz			Dulcit
Galaktoz			Sorbit
Arabinoz			
Xyloz			
Ramnoz			

Tablo 5. Toprak ve su bakterileri için önemli vitamin çözeltisi

Biotin	0.2 mg
Nikotinasiti	2.0 mg
Tiamin	1.0 mg
4 – aminobenzoat	1.0 mg
Pantotenat	0.5 mg
Pridoksamin	5.0 mg
Cyanocobalamin	2.0 mg
Saf su	100 ml
Vitamin çözeltisi	2-3 ml
Çözelti saf su ile 1000 ml'ye tamamlanır.	

Tablo 6. Besi agarı

Etsuyu (ekstraktı)	3.0 g
Et peptonu	10.0 g
NaCl	5.0 g
Agar-Agar	15.0 g
Saf su	1000.0 ml

Bu tür çalışmalarda özel besi yerinin hazırlanması gerekir.

Tablo 7. Kültür çözeltisi için hazırlanan özel besi yeri

Besin maddesi	Mikroorganizma üretimi	
	Anaerobik	Aerobik
(NH ₄) ₂ SO ₄	3,75 g	2,25 g
(NH ₄) ₂ HPO ₄	6,3 g	3,75 g
KH ₂ PO ₄	1,25 g	0,75 g
MgSO ₄ .7H ₂ O	1,25 g	0,75 g
H ₃ BO ₃	0,3 mg	0,19 mg
CuSO ₄ .5H ₂ O	0,3 mg	0,19 mg
KJ	0,125 mg	0,07 mg
FeCl ₃ .6H ₂ O	3,12 mg	1,88 mg
MnSO ₄	0,6 mg	0,38 mg
Na-Molybdat	0,6 mg	0,38 mg
ZnSO ₄ .7H ₂ O	1,25 mg	0,75 mg
Biotin	0,04 mg	0,02 mg
Kalsiyumpan Totemat	6,25 mg	3,75 mg
İnosit	93,75 mg	56,25 mg
Thiamin hidroklorit	1,88 mg	1,13 mg

Pirotoksin	1,88 mg	1,13 mg
Nikotin asit amid	9,37 mg	5,63 mg

1 N NaOH ile Agarı çözdükten sonra pH 7,2 - 7,5 ayarlanmalıdır. 10 ml olarak reagenz'lere doldurulur ve 120 °C'de 20 dakika sterilize edilir. Fenol ve hidrokarbon gibi zor ayrışan maddelerin biyolojik olarak ayrıştırılması için yoğun araştırmalar yapılmış ve özel mikroorganizmalar üretilmeye çalışılmıştır. Gazhanelerde, kok işletmelerinde ve kantar destilasyonunda oluşan fenol içerikli atıksular, ayrıştırılmaya çalışılmıştır. Fenolün geri kazanılması olanaksız olduğu için mikrobiyel, özellikle de aktif çamur sistemi ile geri kazanılması düşünülmüştür. Fenolün mayaya karşı davranışı da araştırılmıştır ve araştırılmaktadır.

Besi çözeltisi geliştirme maddeleri ilave edilmeden önce, 15 dakika 120 °C de sterilize edilir. Konsantre şeklindeki vitaminler steril olarak filtrelendir. Gerekli miktarda bir kısım besi ortamına verilir. Maya üretmek için gerekli olan glikoz miktarı da yaklaşık olarak % 3 'dür. İlk deneyler anaerob koşullarda yapılır (200 ml Erlenmayer ' de 150 ml kültür çözeltisi). Bunu takip eden üretmeler ise aerobdur (500 ml *Erlenmayer* balonunda 100 ml kültür çözeltisi çalkalama kültürü olarak). Sonra da sadece *Rhodotorula glutinis* 1 lt Bernhauer balonunda havalandırma kültürü olarak, 500 ml kültür sıvısı konulmaktadır.

Anaerob koşullarda fenol konsantrasyonu azalmazken; kuvvetli havalandırılmış aerob koşullarda fenol miktarında azalma görülmektedir. Bu olay fenolün oksidasyonu üzerinden gerçekleşmektedir. Her maya türünün, tolere sınırını aşan konsant rasyonlarda bulunması halinde substrat parçalanmaz; ve bilakis toksik etki yapar. Kiritik konsantrasyonun altında parçalanma hızı ise bir dizi faktörlere bağlıdır.

9.2. Karbon ve Enerji Kaynağı

Fotosentez yapan canlılar doğrudan karbondioksiti ana karbon kaynağı olarak kullanabilirler. **Kemosentez** yapanlar da aynı şekilde yararlanabilirler. **C-ototrof organizmalar CO₂'yi indirgemektedirler**. Diğer bütün organizmalar hücre karbonunu organik besin maddesinden temin ederler. Dünya da yoğun bir şekilde bulunan doğal organik besin maddeleri ise polisakkaritler, sellüloz ve nişastadır. Bu polimerlerin monomer yapı taşlarını bir çok mikroorganizma kullanmaktadır. Hatta diğer doğal maddeler mikroorganizmalar tarafından parçalanmaktadır.

9.2.1. Katkı ve Destek Maddeleri

Bir çok organizmanın gelişmeyi teşvik eden destek maddelere (*Suppline*) ihtiyacı vardır.

Suppline olarak üç önemli madde grubunu alabiliriz:

- 1. Aminoasitleri,**
- 2. Purinler ve Pirimidinler.**
- 3. Vitaminler.**

Aminoasitleri, purinler ve pirimidinler proteinin ana yapı taşı, aynı zamanda nükleik asitlerin de yapıtaşlarıdır. Vitaminler de Coenzimlerin veya prostetik grupların bir parçasıdır. *Enzimatik katalitik* işlevleri vardır.

Kükürt ve azot hücrede genelde indirgenmiş şekilde bulunur. Sülfhidril veya amino grupları olarak, sülfat ve nitrat şeklinde alırlar ve sonra indirgerler. Amonyum tuzu ana azot kaynağıdır. Bazı prokaryotik organizmalar molaküler azotu da indirgeyebilirler.

Bazı mikroorganizmalar ise azot kaynağı olarak aminoasitlerine ihtiyaç duyarlar. Bütün organizmalar sülfatı indirgemeye yetenekleri olmadığı için, bazıları da kükürt kaynağı olarak *hidrojensülfürü* veya *Cystein*'i kullanırlar (kükürt içeren bir aminoasiti).

Hücreler Oksijen ihtiyacını su molekülünden temin ederler. Bunun dışında karbondioksitten ve diğer bir çok organik bileşiklerden. Ayrıca çok sayıda ki organizma moleküler oksijene ihtiyaç duyar.

Oksijenin ana görevi aerob solunumun terminal elektron akseptörü olmasıdır. Bu sırada oksijen suya indirgenir. Mikroorganizmaların oksijene karşı davranışlarına göre üçe ayırmak mümkün:

- 1. Obligat aerob organizmalar**
- 2. Obligat anaerob organizmalar**
- 3. Fakültatif anaerob organizmalar**

9.3. Besi Ortamı ve Gelişme Koşulları

Çok sayıda nazlı ve aşırı istekli mikroorganizma için besin madde ihtiyacı detaylı olarak bilinmemektedir. Genelde **maya ekstraktı, maya otolusat'ı, pepton veya et ekstarktı besin ortamı olarak kullanılmaktadır.** Bazı başka organizmalar için ise: **baharat ekstraktı, erik ekstraktı, havuç ekstraktı hindistan cevizi suyu, at elması suyu v.b.** gibi maddeler besin ortamı olarak kullanılabilir.

Peynir suyu, melas, şişmiş mısır suyu, soya fasülyesi ekstraktı ucuz, artık değerlendirilmesi şeklinde kullanılmaktadır.

Katı besi ortamı elde etmek için sıvı besi ortamının içine katılaştırıcı bir katkı maddesinin konulması gerekmektedir. Jelatinler nadir olarak kullanılır, Çünkü bir çok mikroorganizma jelatinleri sıvılaştırmaktadır. Ayrıca 26-30°C de de erimektedir. **En ideal katılaştırıcı madde Agar'dır.** Agar deniz alglerinden elde edilir. Agar sıvı besi ortamlarına **15-20 g/l verilir**, bu katılma için yeterlidir. Agar 100°C'de erir ve 45°C'ye kadar sıvı şeklinde kalır. Eger besi ortamında organik komponentlere ihtiyaç yoksa, o zaman silikajel ile de katılaştırma yapılabilir.

9.3.1. pH

Çok sayıda organizma $pH=7$ olması halinde çok iyi gelişir. Bakterilerin çoğu yüksek pH değerinde yani hafif alkali sahada iyi gelişir. Örneğin nitrifikasyon bakterileri, *Rhizobie*'ler, *Actinomycetes*'ler, üre parçalayan bakteriler.

Bazıları da asite karşı toleranslıdır (Asidofil): *Lactobacilli*, *Acetobacter*, *Sarcina ventriculi* veya *Thiobacillus*.

Mantarlar ise genelde düşük pH koşullarını tercih ederler. **$pH=5$ ise mantar dominanttır. $pH= 8$ ise, o zaman bakteriler baskındır.**

Bakterilerin çoğu $pH=6-9$ arasındaki değişime karşı pek fazla duyarlı değildirler. Hızlı pH değişimi sırasında hücre içi pH değeri azıcık değişir, fakat 30 dakika sonra hücre içinde tekrar pH dengesi sağlanmış olur.

Karbondioksit ihtiyacı ototrof canlılar için besi ortamına sodyumbikarbonat vererek sağlanmaktadır. Karbondioksitce zengin hava da ortamdan geçirilebilir. Organik karbon kaynağını kullanan heterotrof mikroorganizmalar da karbondioksit kullanırlar. Kanda, dokularda, bağırsak kanallarında yaşayan bakterilerin çoğu çok daha yoğun karbondioksitli ortamda yaşamaya adapte olmuşlardır.

9.3.2. Nisbi Nem

Mikroorganizmaların çoğu %98 nisbi nem isterler, buna karşın %60'da da yaşayanları vardır. Halofil bakteriler ise %75.

9.3.3. Sıcaklık

1. Psychrophil: (kryophil) 20°C nin altında yaşayanlar

2. Mesophil: 20-42°C arasında yaşayanlar

3. Thermophil: 40-70°C arasında yaşayanlar

Thermotolerant'lar 50°C'ye kadar, ekstrem thermophiller ise 80°C'ye kadar yaşayanlar olarak ayırabiliriz.

9.3.4. Havalandırma

Tüm obligat aeroblar için oksijen çok önemli bir *elektron akseptorudur*. İnce Agar besisi ortamında sadece aeroblar, Kalın bir Agar besisi ortamında ise üstte aeroblar ortada fakültatifler ve en altta da anaeroblar görülür. Aerob aktivite için havalandırmaya ihtiyaç vardır, mikroorganizmalar da bu durumda oksijeni ancak çözünmüş olarak alabilirler.

Bir litre su 20°C'de atmosfer basıncı altında dengede durması halinde, 6.2 ml veya 0.28 mmol oksijen içerirler. Bu miktar 0.046 mmol veya 8.3 glikozun oksitlenmesi için yeterlidir. Çeşitli yöntemlerle faz sınır alanları oluşturulabilir.

1. Kültürü ince tabaka şeklinde ekmek veya almak

2. Sıvıyı çalkalayarak hareket haline getirmek

3. Boy eksenini üzerinde şişeyi rotasyon şeklinde hareket ettirmek

4. Basınç altında gaz difüzörü ile sıvı sütununu hava akımına tabi tutmak

5. Perkolasyon yapmak

6. Mekanik karıştırmak

Veya bu sıralanan yöntemlerin çeşitli kombinasyonlarını ihtiyaca ve yerine göre uygulamak için aerob kültürlerin yanı sıra anaerob kültürlerle de ihtiyaç vardır. Bunun için de **Anaerobi tekniği** geliştirilmiştir. Kaynatılmış, havası alınmış, hava kabarcığı bulunmayan, sıkı kapalı şişelerde oksijensiz gaz atmosferinde, vakum eksikatörlerinde ditiyonit veya askorbikasit gibi yardımcı maddelerle hazırlanmaktadır. (Şekil 27; Şekil 28).

9.4. Beslenme ve Kültür Tipleri

Yüksek organizmalar için kullanılan ototrof ve heterotrof gibi beslenme tipleri mikroorganizmaları açıklamak ve bununla yetinmek doğru değildir. Mikroorganizmalarda tip ayırımı yaparken **1. enerji kaynağına, 2. hidrojen donatoruna, 3. karbon kaynağına dikkat etmek gerekir.**

1. Enerji Kaynağı

Biyokimyasal enerji (ATP) elde etmek için prensip olarak iki madde dönüşüm

tipi vardır, fototrof ve kemotrof. Fototrof olanlar elektromanyetik ışınları gelişmeleri için gerekli enerji kaynağı olarak kullanırlar. Aerobi fototrof ve anaerobi fototrof. Kemotrof olanlar enerjilerini solunum oksidasyonu veya fermentasyon yolu ile biyokimyasal olarak kazanırlar. Yani besin maddesi görevini gören maddeleri oksitleyerek veya indirgeyerek enerjilerini temin ederler.

2. Hidrojen Donatörleri

Organik bileşikleri hidrojen donatörü olarak kullanan tüm organizmalar "**organotroftur**".

Litotrof ise organik hidrojen donatörü yerine anorgnaik hidrojen donatörü kullanan mikroorganizmalardır. **H₂, NH₃, H₂S, S, CO, Fe⁺⁺ v.d.** gibi anorganik maddeler hidrojen donatörü olarak görev görürler.

3. Karbon Kaynağı

Burada ototrof ve heterotrof hücrenin karbonunun nereden temin edildiğini ifade etmektedir. Eğer mikroorganizmalar karbondioksiti kullanarak hücrekarbon ihtiyacını karşılıyorsa o zaman bu organizmalar ototroftur. Buna karşılık organik bileşiklerden temin ediyorsa o zaman da heterotofturlar. **O halde C-Kaynağı ya CO₂ 'dir, ya da organik madde.**

9.5. Selektif Kültür Yöntemleri

Mikroorganizmaların çoğu koloni oluşturma özelliğine sahiptirler. Bu özelliklerinden dolayı da onları izole etmek ve kültüre almak kolaylaşmaktadır. Zenginleşme ortamı, bir mikroorganizma türünün diğer rakiplerine kıyasla baskın bir şekilde gelişip, üreyebildiği ortamdır. Bu ortamı bir çok ekolojik faktörler sınırlar veya tayin eder:

Enerji kaynağı

Karbon kaynağı

Azot kaynağı

Hidrojen akseptörü

Gaz atmosferi

Işık

Sıcaklık

pH, v.b. gibi diğer ekolojik faktörler.

Ekstrem bir şekilde farklılaşma gösteren mikroorganizmalar özel gelişme

ortamı arzu etmektedirler.

Örneğin *Cyanobakterilerin*, azot oksitleyen türü, bağlanmış azot içermeyen mineral madde ortamına ve ışığa ihtiyaç duyar.

Eğer metan ve hidrojeni nitrat veya sülfat ile hidrojen akseptörü olarak oksitleyen bir bakteri aranmaktadır, o zaman ortama oksijen vermek gerekir. Yoksa aerob metan ve hidrojen oksitleyen bakteriler dominant olacaktır.

Ekolojik koşulları farklılaştırarak çeşitli seleksiyonlar yapılabilir:

- **Asite veya alkaliliğe dayanıklı olanlar**
- **Asite veya alkaliliğe duyarlı olanlar**
- **Sıcaklıktan ve ışıktan etkilenenler**
- **Sıcaklık ve ışıktan etkilenmeyenler**

Engelleyici maddeler kullanarak seleksiyon yapmak da mümkündür. Barut konan bir besi ortamında aerob koşullarda sadece süt bakterileri gelişir. Diğer aerob yaşayan bakteriler bastırılır. **Siyanür ve hidrojen sülfür de** aynı şekilde seleksiyon fonksiyonunu üstlenebilmektedir.

9.5.1. Saf Kültürler

Saf kültür üretmek ve elde etmek mikrobiyologların çok önemli ödevleridir. Bunun için genelde katı besi ortamı kullanılır. Saf hücrelerin koloniler halinde üremesi sağlanır. Saf kültür sıvı besi ortamında da gerektiğinde üretilebilir.

9.5.2. Karışık Kültür

Doğal populasyonlar genelde karışık mikroorganizmalardan oluşurlar. Ortak besi ortamında karşılıklı rekabet yaparak yaşarlar ve ürerler ***Kommensalismus*** (=sofra ortağı), ***Mutualismus*** (= karşılıklı, zıt, rakip). Statik veya dinamik besi ortamlarında **suksesyonlar, metabolizma artıkları saptanabilmektedir.** Bu da karışık kültürde yaşayan organizmaların ***sinergetik veya antogonistik*** karşılıklı etkiler içinde olduğunu göstermektedir.

Saf kültürleri karıştırarak da karışık kültür elde etmek mümkündür. Kefir, çay mantarı, hamur mayası, atıksu arıtılması, yakın çevremizde kullandığımız karışık kültürler birer örneklerdir. **(Şekil 29).**

9.6. Gelişme Fizyolojisi

Gelişmeyi yaşayan canlıların irreversibil artışı olarak anlamak mümkündür. Bunun başlangıcında hücre büyümekte ve sonra da bölünmektedir.

Çok hücreli organizmalarda büyüklük artmaktadır.
Tek hücreli organizmalarda da sayısı artmaktadır.

Tek hücrelilerde hücre sayısının artması ile hücre kütlesinin artması arasında bir ayırım yapmak gerekir. *Tablo 8.*'de bakteri sayısı ile bakteri kütlesi arasında sınır görülmektedir. Bakteri sayısını veya kütlesini belirlemek için genelde bir sıvıdaki homojen bakteri süspansiyonundan yararlanılmaktadır. Saprobi sistemine bağlı olarak da bakteri sayısı değişimi *Tablo 9.*' da verilmiştir.

Tablo 8. Bakteri sayısı ile bakteri kütlesi arasındaki terimler

	Bakteri sayısı	Bakteri kütlesi
Her birim hacim için	Bakteri konsantrasyonu (Bakteri sayısı/ml)	Bakteri yoğunluğu (Kuru madde/ml)
Birim zamanda ikilenme	Bölünme hızı v (h^{-1})	Gelişme hızı u (h^{-1})
İkilenmenin zaman aralığı	Jenerasyon süresi g (h)	İkilenme süresi t_d (h)

Bakteri Konsantrasyonu: hücre sayısı/ml:

Bakteri Yoğunluğu : mg/ml

Bölünme Hızı : saateki bakteri konsantrasyonunun ikilenmesi sayısı.

Nesil (jenerasyon) Süresi : ikilenme arasında zaman

Tablo 9. Saprobi kademeleri ile coliform bakteri sayıları arasındaki ilişkiler (Sladeczek, 1973)

Saprobi kademesi	Organik yük derecesi	Su sınıfı	Coliform sayısı hücre/ ml
Oligosaprob	Temiz , az kirli	I	50
Beta- mezo saprob	Orta derecedekirli	II	100
Alfa-mezo saprob	İyicekirlenmiş	III	1000
Polisaprob	Çok kirlenmiş	IV	20000

9.6.1. Bakteri Sayısının Tayini

Üretilen bakteri popülasyonu 1. Toplam hücre sayısı olarak ve 2. Yaşayan hücre sayısı olarak sayılır.

Toplam Hücre Sayısı

- İnce tabaka üzerinde geliştirilen mikroorganizmaların sayılması yöntemi en

- yaygın kullanılanıdır.
- ii. Belirli alanı saymak,
 - iii. Coulter Counter ile sayma yöntemi,
 - iv. Membranfilter yöntemi ile tayin etme.

9.6.2. Bakteri Kütlesinin Tayini

9.6.2.1. Doğrudan Tayin Yöntemleri

1. Hücre santrifüjlendikten sonra taze kütle tayini yapılır. Yıkanmış hücreler santrifüjlendikten sonra kuru madde tayini yapılabilir. Her iki yöntem de hatalarla yüklüdür.
2. Daha doğru olanı Mikro-Kjeldahl'a göre toplam azotun ve Van Slyke Folch'e göre de toplam karbonun tayinidir.
3. Ancak rutin olarak bakteri proteininin tayini uygulanmaktadır.

9.6.2.2. Dolaylı Tayin Yöntemleri

1. Hücre kütlesinin tayininde hücre suspansiyonunun bulanıklığının tayininden yararlanmakta çok geçerli bir yöntemdir. Türbidimetre ve ekstinksiyon ölçümleri ile rutin olarak suspansiyonun optik yoğunluğunu bulmak mümkündür.
2. Metabolizma faaliyetleri sonucu oluşan boyutlardan (O_2 -tüketimi, karbondioksit veya asit üretimi) ekivalent olarak yararlanmak mümkündür.

9.6.3. Ekspansiyonel Gelişme ve Jenerasyon Süresi

Geometrik diziye göre bakteriler ikiye bölünmekte ve çoğalmaktadırlar.

9.6.3.1. Hücre Bölünme Sayısı (n)

$n = (\lg N - \lg N_0) / \lg 2$ eşitliği ile ifade edilir.

9.6.3.2. Hücre Bölünme Hızı (v)

$v = n/t = (\lg N - \lg N_0) / \lg 2(t - t_0)$

9.6.3.3. Jenerasyon (nesil) Süresi (g)

$g = t/n = 1/v$ eşitlikleri ile gösterilmektedir.

Örneğin bir hücre suspansiyonunda 10 saat içinde hücre sayısı 10^3 den 10^9 a çıkmaktadır, bölünme hızını bulunuz?

$$v = \lg 10^9 - \lg 10^3 / 0.3010 \cdot 10 = 6/3 = 2 \quad \text{ve } g = 1/2 = \text{yarım saat}$$

$N_t = N_0 \cdot 2^n$ eşitliği ile de t zamanındaki hücre sayısı bulunmaktadır.

9.6.3.4. Gelişme Hızı (m)

$$\mu = \frac{1}{x} \frac{dx}{dt} \quad x = x_0 \cdot e^{\mu t} \text{ olduğuna göre,}$$

9.6.3.5. Hücre Kütlesinin İkilenmesi (t_d)

$$2x_0 = x_0 \cdot e^{\mu} \cdot t_d' \text{ buradan ikilenme süresi } (t_d)$$

$$t_d = \ln 2 / \mu; (\ln 2 = 0.693),$$

$m = \ln 2 \cdot v$ ve $t_d = g$ ne demektir?

Örnek olarak *Zymomonas mobilis* bakterisi ile *Saccharomyces carlsbergensis* mayasının fermentasyon özelliklerini karşılaştırdığımızda aşağıdaki tablo ortaya çıkar.

Tablo 10. Bakteri ve mayanın fermentasyon özelliklerinin karşılaştırılması

Özellikleri	<i>Zymomonas mobilis</i>	<i>Saccharomyces carlsbergensis</i>
İkilenme süresi (h)	2,51	5,64
Etanol üretim hızı, $q_{p/x}$ ($\text{g} \cdot \text{g}^{-1}$). h^{-1}	5,44	0,82
Hücre verimi $Y_{x/s}$ ($\text{g} \cdot \text{g}^{-1}$)	0,028	0,043
Ürün verimi $Y_{p/s}$ (%) 100 % = 0,511 ($\text{g} \cdot \text{g}^{-1}$)	95	90

9.6.3.6. Eksponensiyel Gelişme

Eksponensiyel gelişme bileşik faiz hesabında olduğu gibi ifade edilebilir:

$$N_t = N_0 \cdot (1+r)^t$$

N_t = t zamanındaki populasyon

N_0 = 0 zamanındaki populasyon

t = zaman

r = p = ç = birim zamandaki artış oranı

$$r = [(N_t/N_0)^{1/t} - 1]$$

Canlıların populasyonunun ikiye katlanma sürelerini ise aşağıdaki eşitliğe göre bulmak olasıdır:

$$t_{2x} = \ln 2 / \ln(1+r)$$

9.6.3.7. Lojistik Gelişme

Eğer ortamda gelişme koşulları sınırlı ise canlılar bu sınırlayıcı ekolojik faktörlere bağlı olarak gelişme durumundadırlar.

Bu lojistik gelişme de aşağıdaki gibi ifade edilebilir:

$$N_t = \frac{K}{1 + (K - N_0/N_0) \cdot e^{-rt}}$$

N_t = t zamanındaki populasyon

N_0 = 0 zamanındaki populasyon

t = zaman

r = p = ç = Birim zamandaki artış oranı

K = L = Kiritik nüfus, doygun nüfus, sınırlayıcı nüfus

9.6.3.8. Bakterilerde Gelişme ve Çoğalma:

Gelişmeden bir organizma biyomasının büyümesi anlaşılmaktadır. Bu ya bir tek hücrenin büyümesi ile olur, ya da hücre sayısının artması ile. Bakteriler ikiye bölünerek çoğalmaktadırlar. Her bir bakteriden iki tıpatıp aynı yeni bakteri oluşmaktadır:

$$N_n = N_o \cdot 2^n$$

N_n = n sayıdaki bölünmeden sonraki bakteri sayısı

N_o ; $t=t_o$ iken bakteri sayısı

N_t = t zamanındaki bakteri popülasyonu

n = bölünme sayısı

Bakterilerin gelişmelerini ve çoğalmalarını etkileyen iki karakteristik temel koşul vardır:

1. Kesikli kültür ortamı

2. Sürekli kültür ortamı

Ortamda her hangi bir sınırlayıcı durum yoksa, o zaman bakteri kütlesi sürekli olarak artacaktır:

$$dB/dt = \mu \cdot B$$

B = Bakteri kütlesi

μ = Gelişme oranı, hızı

$$B_t = B_o \cdot e^{\mu t}$$

B_o ; $t=t_o$ iken bakteri kütlesi

B_t = t zamanındaki bakteri kütlesi

İkilenme süresi:

B = 2 olduğuna göre;

$$t_d = \ln 2 / \mu = 0.693 / \mu$$

Bakteri sayısı ve kütlesi değişmezse:

$$dN/dt = dB/dt = 0 \text{ ise;}$$

Bu takdirde $r = \mu = 0$ demektir. Ekspansiyonel gelişme engellenmiş, durdurulmuş anlamına gelir. Bu da Sigmoidal bir eğrinin oluşmasına neden olur. Adaptasyon fazından sonra , ekspansiyonel gelişme fazı ve daha sonra da maksimal bakteri sayısına ulaşarak sınır gelişmeye gelir.

$$dN/dt = r \cdot N \cdot (N_{max} - N / N_{max})$$

$$r = \text{Bölünme oranı} = \frac{\log N_{t1} - \log N_{t0}}{(t_1 - t_0) \log 2}$$

$$g = \text{Jenerasyon süresi} = 1/r$$

$dN/dt = dB/dt = 0$ olduğu zaman , bu durumda bakteri kütlesi değişmiyor demektir. Parantez içi artan bakteri sayısı ile birlikte, birim zamandaki bakteri artışının sürekli olarak azaldığını ifade etmektedir. (**Şekil 30**).

Kesikli kültürlerde gelişme fazlarını:

1. Stasyoner faz I 1. ve 2. birlikte Gecikme
2. Geçiş fazı I Fazı olarak da adlandırılır.
3. Ekspansiyonel faz
4. Geçiş fazı II
5. Stasyoner faz II
6. Geçiş fazı III
7. Ölüm fazı

olarak ayırmak mümkündür.

Ölüm fazı matematiksel olarak aşağıdaki gibi ifade edilebilir:

$$dN/dt = -b \cdot N$$

b = her bakteriye özgü bir ölümlülük sabiti

Bakterilerin ihtiyaç duyduğu besin maddelerini sürekli olarak ortamda artırmak; bir müddet sonra substrat doygunluğuna neden olabilir. Sürekli reaktörlerde sistemden çıkan bakteri kütlesi ile $(D \cdot B)$; bakterinin artış oranı $(\mu \cdot B)$ aynı olmalıdır .

$$D = Q / V$$

Q = Reaktöre giren debi

V = Reaktörün hacmi

D = Birim zamanda yenilenme sabiti, (1/gün)

Dispersiyon sabiti,

Monod' a göre bu durum matematiksel olarak aşağıdaki gibi ifade edilmiştir:

$$\mu = D = \mu_{\max} \cdot S / (K_s + S)$$

μ = Artış oranı, hızı

K_s = Monod sabiti veya substrat yarı doygunluk sabiti, $\mu_{\max}$ 'ın yarısıdır:

$$\mu^{\max} : 0.5 \cdot \mu_{\max}$$

$$K_s = S \cdot (\mu_{\max} - D) / D$$

Gelişmeyi sınırlı ve sınırsız olarak ele almak gerekir. Statik ortamda gelişme sınırlı iken, yani kapalı sistem; dinamik ortamda, yani sürekliliğin olduğu

ortamda gelişme sınırsızdır, bu sistem açık sistemdir. Kapalı sistemde bakteriler için belirli bir besin maddesi sunusu vardır ve yaşamlarını bununla sürdürürler. Metabolizma atıkları da bu sistem içinde kalır. Kapalı sistemdeki bakterilerin gelişmeleri yedi fazdan oluşur. (**Şekil 31**).

Monod denklemi gelişmeyi, kütle artışını ifade ederken *Michaelis-Menten Denklemi* de biyokimyasal reaksiyonların kinetiğini ifade etmektedir. (**Şekil 1.32**) . **Şekil 1.33** 'de Monod-hiperbolü , gelişme hızı ile besin maddesi konsantrasyonu arasındaki ilişkiyi ifade etmektedir.

Michaelis-Menten sabiti= k_m , ve maksimum hız= V_{max} biliniyorsa ; enzimlerin reaksiyon hızlarının (v) substrat konsantrasyonu (S) ile olan ilişkileri aşağıdaki gibi verilebilir:

$$V = V_{max} \cdot S / (k_m + S) \quad \text{Michaelis-Menten Denklemi}$$

Michaelis-Menten sabiti k_m , aynı zamanda "*yarı değer sabiti*" olarak da adlandırılmaktadır. Bu konu enzim kinetiği konusunda daha ayrıntılı olarak işlenmektedir.

$BOI_5 = \text{Substrat} = L = S$ olarak kabul edecek olursak, sulardaki kirlilik yükünün mikroorganizmalar tarafından azaltılmasını *Phelps denkleminden* yararlanarak ifade edebiliriz:

$$y = L (1 - e^{-kt})$$

$y = t$ süresinde BOI_5 giderilmesi

k = reaksiyon sabiti

t = reaksiyon süresi

Soru: Logaritmik gelişen bir bakteri kültüründe hücre sayısı 5 sanayide $2 \cdot 10^6$ dan $3 \cdot 10^8$ 'e çıkmaktadır. İki bölünme arasında geçen süre nedir?

a) Hiç ölüm olmaması haline göre nedir?

b) Bölünmede oluşan hücrelerin %10' unun takip eden bölünmeden önce ölmesi haline göre ise bu süre nedir?

Yanıt : $N_t = N_0 \cdot e^{kt}$ ve $k=1/T$ olduğuna göre;

$N_t = N_0 \cdot e^{1/T \cdot t}$ sayıları yerine koyarsak:

$$3 \cdot 10^8 = 2 \cdot 10^6 \cdot e^{1/T \cdot 5} ; 3 \cdot 10^8 / 2 \cdot 10^6 = e^{5/T}$$

$$150 = e^{5/T} ; \ln 150 = 5/T$$

$$T = 5 / \ln 150 = 5 / 2,303 \cdot \lg 150 = 5 / 2,303 \cdot 2,176 = 1 \text{ Saat}$$

9.6.3.8.1. Statik Kültürde Bakteri Gelişmesi:

Şekil 34 ' de gelişme fazları ayrıntılı olarak görülmektedir.

Başlama fazında bakteriler kendilerini hazırlanan veya bulunan ekolojik koşullara ayarlamaya ve **ortama uyum sağlamaya (adaptasyon)** çalışıyorlar. Endosporlardan, kapsüllerden kurtulup normal duruma geçip hücre duvarından su ve besin maddesi alıp şişmeye, büyümeye başlıyorlar. Ancak henüz üreme ve çoğalma yok.

İvmelenme fazı; üremenin, çoğalmanın başlangıç fazıdır, artık hücre suyunu almış şişmiş, büyüklüğü artmış ve büyüyen hücrenin bölünmesi de başlamıştır. Bu fazda hücre bölünmenin de hızları artmaktadır. Bu fazın sonunda ise maksimum değerine erişmektedir.

Logaritmik fazda; maksimum gelişme hızına erişilmiştir. Eşit zaman aralıklarında eşit miktarda veya oranlarda yeni hücreler oluşturulmaktadır. Gelişme hızı sabit kalmaktadır.

Geçikme fazı; her bakteri başına hazır olan besin maddesi miktarının azalması ve artan metabolizma artıklarının toksik etki yapması sonucunda, ölen bakterilerin sayısı, doğanlara kıyasla sürekli artmaktadır.

Duraklama fazı (stasyonier faz, plato); ölüm ile artmanın dengede olduğu ve platonun olduğu bir fazdır.

Ölüm fazı; ölen bakterilerin sayısı üreyen bakterilerin sayısını geçmeye başlamıştır, ölme hızı maksimuma ulaşıncaya kadar devam etmektedir.

Logaritmik ölüm fazı; ölümlülük oranının maksimum değerine ulaştığı ve aynı hızda devam ettiği görülmektedir.

Sürekli Kültürlerde Bakteri Gelişmesi

Şekil 35 ' de gördüğünüz gibi bir kemostat belirli bir debi ile akan besin maddesini içeren bir besleme tankından (kabından), kültür kabından ve

havalandırma düzeneğinden oluşmaktadır. Karıştırıcı ile de besin maddesinin homojen olarak ortamda yayılması sağlanmaktadır. Besin çözeltisinin giriş debisi kadar bir debi ile de bakteri suspansiyonu sistemden çıkmaktadır.

Kültür kabının hacmi= v (litre)

Besin maddesinin veriliş debisi= Q (1/h)

Seyrelme oranı $D=Q/V$, D her saatteki hacim değişimini vermektedir.

Başlangıçta üreme yoksa, o zaman

$D \cdot x = - dx/dt$ kadar hücre yıkanmaktadır.

Bakteri konsantrasyonu da eksponensiyel olarak azalmaktadır:

$$x = x_0 \cdot e^{-Dt}$$

Kültür kabındaki bakterilerin gelişmeleri ve artışları da eksponensiyeldir:

Burada gelişme hızı $\mu x = dx/dt$,

Popülasyon $x = x_0 \cdot e^{\mu t}$ olarak artmaktadır.

Bakteri yoğunluğunun değişim hızı (dx/dt), önceden sözü edilen iki hızdan oluşmaktadır:

$$dx/dt = \mu x - Dx$$

μ değeri ile D değeri birbirine eşit ise o zaman yıkanarak bakteri kütlesi kaybı ile, üreyerek artan kütle aynıdır.

Bu durumda kültürümüz bir akım dengesindedir. Pozitif eksponensiyel üreme ile negatif eksponensiyel azalma bir birilerini dengelemektedir.

Gelişme hızı (μ) substrat konsantrasyonuna (c) bağlı olarak değişmektedir.

$$\mu = \mu_{max} \cdot c_s / (K_s + c_s)$$

Burada K_s mikroorganizmanın maksimum gelişmesi için gerekli olan substrat konsantrasyonunun yarısıdır.

Şekil 36' de çeşitli koşullarda gelişme eğrileri görülmektedir.

9.6.3.8.2. Gelişmenin Engellenmesi ve Mikroorganizmaların Öldürülmesi

Çok sayıdaki kimyasal madde yardımı ile mikroorganizmaların faaliyetlerini yavaşlatmak veya tamamen durdurmak mümkündür.

9.6.3.8.2.1. Hücre Sınır Tabakalarına veya Yapısına Zarar Verme

%70'lik etanol proteinlerin koagülasyonuna neden olur ve bakterisid gibi etki eder. Fenol, kresol, nötr sabunlar yüzey aktif maddeler (deterjanlar) hücrelerin yüzey tabakalarına etki etmektedirler ve sitoplazma membranının yarı geçirgenliğini bozmaktadırlar.

Membranlar genelde lipidlerden ve proteinlerden meydana gelmektedir, tabakalar halinde yapılanmıştır. Deterjanlar ise polar olarak yapılanmıştır. Lipofil ve hidrofil iyonize olmuş gruplardan oluşmaktadır. Deterjanlar geniş spektrumlu mikrobizid etkilerinden dolayı yüzeyler ve giysiler için dezenfektan olarak kullanılmaktadır. Bazı polipeptid antibiyotikler de deterjanlar gibi etki yapmaktadır: **Polymyxin, Colistin, Bacitracin, Subtilin.**

9.6.3.8.2.2. Ana Metabolizmaya ve Enzimlere Zarar Verme

Bakır, gümüş, civa, vb. gibi bazı ağırmetaller çok düşük konsantrasyonlarda bile şiddetli bir enzim zehiri gibi etki etmektedirler: **(Oligodinamik etki)**. $HgCl_2$, $CuCl$, $AgNO_3$ tuzları olarak ve ayrıca 4-Hidroksimercuribenzoat şeklinde organik madde olarak Enzimlerin SH-Grublarını bağlarlar, böylece proteinlerin tersiyer ve kuvarter yapılarını köklü bir şekilde değiştirirler. **Koenzim A'nın** fonksiyonel merkaptto grubu dahi engellenir, bloke edilir. Siyanür bir solunum zehiridir ve solunumun terminal enziminin fonksiyonlarını demiri bağlayarak (**Cytochromoxidase**) bloke eder.

Karbonmonoksit (CO_2)= Cytochromoxidase'da serbest oksijenle rekabete (kompetitif engelleme) girdiği için solunumu engeller. Antimycin A Cytochrome c-eductese'ı bloke ettiğinden solunum zincirinde elektron taşınmasını engeller.

2,4-Dinitrofenol mitokondiriyinlerde (Mitochondrien) solunum zinciri fosforlaşma bağlarını ayırırlar. Solunum zinciri fosforlaşmasını engellemiş olurlar. Arsenat da substrat fosforlaşmasını engellerler.

Fluoracetat ise üç karbon asiti siklusunu (**Tricarbonacit-Cyclus**) bloke eder. Önce asetat gibi aktifleştirilir, sonra da Citrat'a inşaa edilir, önce Fluorcitrat olarak **Aconitase**'i engeller, sonra da Citrat'ın parçalanmasını, dönüşümlerini engeller. (**Şekil 37**).

Rekabet engellemesine (**kompetitif engelleme**) bir model örneği olarak, **Malonatın Succinatın'ın Fumaratca** parçalanmasını, dönüşmesinin engellenmesi gösterilebilir. Bu etki Malonat'ın çok düşük konsantrasyonlarında bile gerçekleşmektedir. Ancak Malonat'ın etkisini geri çevirmek veya azaltmak

için substrat konsantrasyonunu artırmak mümkündür. Nitekim, Succinat konsantrasyonu artırılarak bu gerçekleştirilmektedir.

Kompetatif engelleme özünde normal hücre maddelerini yapılarının engelleyici maddelerinkine benzemesine dayanmaktadır. *Strüktüranaloglardır. Antimetabolitler* (Örn.Malonat), hücreye girdiği zaman biyosenteze çeşitli şekilde etki ederler. Antimetabolitler metabolitlerin parçalanmalarının devamını engellerler.

9.6.3.8.2.3. Hücre Elemanlarının Sentezlenmesinin Engellenmesi

Strüktür analog bir elemanın hücre içine girmesi ve yerleşmesi gelişmeyi engeller (*Sulfanilasit derivatları*). Sulfonamidlerin antibakteriyel etkisi bir raslantı eseri bulunmuştur. Bunun koenzimin bir yapı taşı olan *4-Aminobenzoat* ile yapısal benzerliği belirlenmiştir.

Sulfonamidlerin selektif toksitesi ve onun *Chemotherapeutika* olarak kullanılması hayvan organizmalarının bunu yeterince sentezliyememesine, buna karşın mikroorganizmaların çok iyi sentezlemesine borçludur.

Succinat-Dehydrogenase'nin Malonat tarafından engellenmesi ve sulfanilasit derivatlarının gelişmeyi engellemesi, hücrenin normal metabolitleri ile yapısal yakınlığı olan bileşiklerle antagonistik bir ilişkinin olduğunu göstermektedir. Antagonismus çok çeşitli düzeylerde olabilir.

- **Antimetabolitler normal metabolitlerin inşasını engelleyebilirler**
- **Enzim aktivitesini azaltırlar veya yok ederler**
- **Metabolitleri polimere inşaa edebilirler**

9.6.3.8.2.4. Antibiyotiklerin Protein Sentezini Engellemesi

Bir çok prokaryotiklerde protein sentezi çok sayıdaki antibiyotikler tarafından engellenmektedir. **Etki yeri ise 70S-Ribosom'larının fonksiyonlarıdır.**

Streptomycin ve *Neomycin* aminoasitlerinin birleşme olayını engellemektedirler. *Erythromycin* ise 50S-Altbirimlerinin fonksiyonunu etkilemektedir.

Tetracycline'ler de *Aminoacyl-tRNT*'lerinin *Ribosom*'larda birikmesini engellemektedir.

Chloramphenicol aminoasitlerinin proteine inşasını engellemektedir. Bu antibiyotikler ökaryotiklerin kloroplastlarına, mitokondriyindeki ribozomlara

etki etmektedirler. Ancak prokaryotiklere düşük konsantrasyonlar da etki edebilirken, ökaryotikler de daha yüksek konsantrasyonlarda etki ederler. **Örneğin mitokondriyinin dış membranı streptomüsinler için çok az geçirgendir.**

9.6.3.8.2.5. Antibiyotiklerle Nükleikasit Sentezinin Engellenmesi

Mitomycin C selektif olarak RNA ve Protein-Sentezini etkilemeden, doğrudan DNA- Sentezini engeller.

Actinomycin D DNA-çifhattu ile kompleksler oluşturur. Burada Guanin yığılır. Bu da üç tip ribonükleikasit sentezini engeller, fakat DNA-Reduplikasyonunun engellemez.

Rifampicin DNA"ya bağımlı RNA-Polymerase'na etki eder ve bakterilerde mRNA sentezini engeller.

9.6.3.8.2.6. Hücre Duvarı Sentezinin Engellenmesi

Penicillin gibi hücre duvarlarına etki eden ajanlar kullanıldığında, Peptidoglykan sentezleri engellenir.

9.6.3.8.2.7. Mikroorganizmaların Ölmeleri ve Öldürülmeleri

Hücre ölümü başlığı altında mikroorganizmanın irreversibil olarak koloni oluşturma yeteneğini kaybetmesini anlayabiliriz. Büyüme ve çoğalma yeteneğini kaybetmiştir. Hücreye verilen zararların çoğu tamir edilebilir. Örneğin UV-ışınlarından ve sıcaklık etkisinden sonra tekrar aktifleştirme olayında olduğu gibi. Öldürme olayının reaksiyon kinetiği birinci derecedendir:

$$N=N_0 \cdot e^{-kt}.$$

Teknik olarak ya tam öldürme (**Sterilizasyon yöntemleri**); ya da kısmen öldürme (**Pastörizasyon yöntemleri**) vardır.

Kontaminasyon; bulaşma veya kirlenme istenmeyen mikroorganizma türünün besi ortamında bulunması olayıdır.

Dezenfeksiyon; patojen mikroorganizmaların öldürülmesi'dir. **Desimal reduksiyon zamanı,** mikroorganizmaların %90'nın öldürülmesi için gerekli olan süredir. (**D10**).

Tablo 11'de desimal reduksiyon zamanı verilmiştir. Tam veya kısmen öldürmek için buharlı sıcak hava, kuru sıcak hava, filtrasyon, ışıın veya kimyasal madde kullanılabilir.

Tablo 11. Üç aerob spor oluşturunca bakteri türünün spor suspansiyonundaki D₁₀- Değerleri

Spor oluşturunca	Desimal reduksiyon süresi (saniye)					
	105° C	120° C	130° C	140° C	150° C	160° C
Bacillus cereus	12.1	4.2	2.6	1.3	1.0	0.7
Bacillus subtilis	27.8	4.5	3.1	2.1	1.1	0.5
B. stearothermo philus	857.0	38.6	8.8	3.9	2.4	1.4

9.6.3.8.2.7.1. Sıcak Hava Buharı ile Öldürme

Bakteri ve mantarların vejetatif hücreleri 60oC civarında 5-10 dakika içinde ölmektedir. **Maya ve mantar sporları ise 80°C'de.** Bakteri sporları ise 120°C'nin üzerindeki sıcaklıklarda ölmektedir. (15 dakika). **Kaynama noktasının üzerindeki sıcaklıklara ulaşmak için otoklavlar kullanılmaktadır.** Gerilimli buharın sıcaklığı basınca bağlıdır. Çeşitli hacimlerdeki kaplarda bulunan sıvıların sterilizasyon süresi *Tablo 12*'da verilmiştir.

Tablo 12. Çeşitli hacimlerdeki kaplarda bulunan sıvıların sterilizasyon süresi

Kap tipi	Hacim (ml)	Süre (dakika)
Reagens tüpü	20	12-14
Erlenmeyer – Balonu	50	12-14
Erlenmeyer – Balonu	200	12-15
Erlenmeyer – Balonu	1000	20-25
Erlenmeyer – Balonu	2000	30-35
Şişe	9000	50-55

9.6.3.8.2.7.2. Pastörizasyon ve Sterilizasyon

75-80° C'de 5-10 dakika, 71.5-74° C'de 20 saniye, 85-87° C'de 2-5 saniye sürelerinde çeşitli şekillerde gerçekleştirilebilir.

Sütün sterilizasyonu ise 135-150° C'de 1-2 saniyede gerçekleştirilir. Kısmi

sterilizasyon için ise konserve yöntemi ele alınabilir. 80° C'de 20 dakika uygulaması sonucunda vejetatif hücreler, çok sayıda mantar sporları ölmektedir. Bakteri sporları ise canlı kalmaktadır. Ancak meyve asitlerinin pH'ı aşağıya doğru çekmesi sonucunda da bakteriler gelişme eğilimi gösterememektedirler.

9.6.3.8.2.7.3. Kuru Sıcak Hava ile Öldürme

Tablo 13 'de görüldüğü gibi kuru sıcak hava ile bakteri sporlarının öldürülmesi için uzun süre bu sıcaklıklarda tutulması gerekir. Bu nedenle ısıya dayanıklı cam eşyalar, pudralar, yağlar vb. gibi 160°C de 2 saat tutmak suretiyle kuru sterilizasyon yoluyla mikrobdan arındırılırlar. Filtrasyon yöntemi daha ziyade termolabil (ısıya dayanıklı olmayan) madde içeren çözeltiler için kullanılır. Mebranfilter yöntemi yaygın kullanılan yöntemdir. Burada porları farklı büyüklüklerde olan filtreler kullanılmak suretiyle de yapısı ve büyüklüğü farklı olan organizmaları tayin için ayırtetmek mümkün olur.

9.6.3.8.2.7.4. Işınlama

Ultraviyole, röntgen ışınları, Gamma ışınları gibi ışınlardan yararlanarak yapılan bir olaydır. UV-lambaları 260 mm dalga boyundaki ışınları ile tercihen nükleikasitleri absorbe ederler. Uzun süre etkisi altında da bakterilerin ölmesine neden olurlar.

Tablo 13. Kuru sıcak hava ile bakteri sporlarının öldürülmesi için gerekli olan süre (dakika olarak)

Sporlar	Dakika olarak öldürme süresi						
	120° C	130° C	140° C	150° C	160° C	170° C	180° C
Bacillus anthracis	-	-	60-120	9-90	3		
Clostridium botulinum	120	60	15-60	25	-	10-15	5-10
Clostridium tetani	20-40	5-15	30	12	5	1	
Toprak bakterileri	180	30-90	15-60	15			

9.6.3.8.2.7.5. Kimyasal Maddeler

Besin maddelerinin, aletlerin, aygıtların, ilaçların, laboratu-var malzemelerinin sterilizasyonu için *Oxiran (Ethylenoxid)*'ın çok iyi geldiği bilinmektedir. %5-15 su içeriği ile tüm vejetatif hücreleri ve sporları öldürmektedir. Azot veya

karbondi-oksit gazı ile karıştırılarak gaz şeklinde de kullanılmaktadır.

Şekil 38' de ışınlarla çamur stabilizasyon olayı görülmektedir.

9.7. Enzimler, Faaliyetleri ve Reaksiyon Kinetiği

9.7.1. Koenzim ve Prostetik Gruplar

Substratları almak ve bunların parçalarını iletmek için; örneğin *hidrojen, metil grupları, amino grupları*, v.d., alçak moleküllü enzim protein bileşikleri devreye girmektedir: *Coenzim ve prostetik gruplar*.

Coenzim, cosubstrat ve transportmetabolit eş anlamlı olarak genelde kullanılmaktadır. Coenzimler parçalanmış bir maddenin parçasını almakta ve diğer parçalanmış maddeye taşıyarak her iki parçadan yeni bir maddenin oluşması için taşıyıcılık (transport) işlevini görmektedirler. Buna karşılık alçak moleküllü bileşikler enzim proteini ile sıkı sıkıya bağlı ise, bir parça proteini çözülmeden olduğu gibi taşınıyorsa o zaman enzim proteininin prostetik gruplarından söz edilmektedir.

Enzimler

- a) Oksidoredüktazlar** (alkol- grubu, NAD-altgrubu, v.s.);
- b) Transferazlar** (Fosforil bileşikler grubu, Amino bileşikleri alt grubu, v.s.);
- c) Hidrolaz** (ester bağı grubu, Karboksilester altgrubu, v.d.) **d) Liaz** (C-C bağı grubu, Aldehid altgrubu, v.d.);
- e) İzomeraz** (İntra moleküler oksidoreduksiyon grubu, Aldoz, Ketoz Altgrubu v.d.)
- f) Ligaz** (C-N- bağı grubu, asit + aminoasit altgrubu, v.d.).

9.7.1.1. Ana Enzim Grupları

Enzimler iki ana grupta ele alınır:

- 1. Hidrolazlar**
- 2. Dezmolazlar**

9.7.1.1.1. Hidrolazlar

Maddelerden suyu koparmaya çalışırlar, bununla görevlidirler, maddeden suyu kopararak ayrışmasına neden oldukları gibi ; maddeye suyu vererek de birleşmesine yeni büyük moleküllerin oluşmasına neden olurlar.

Dezmolazlar: Maddeyi oksitleyerek veya indirgeyerek en küçük düzeylerine kadar parçalarlar. Dezmolazlar da -C-C-C-C bağlarını koparırlar.

Tablo 14. Hidrolazlar

Esterazlar	Karbohidrazlar	Proteazlar	Amidazlar
<i>Esterlerin</i> parçalanması ve inşası için ----C-O- bağını koparır	Karbonhidratların parçalanması ve inşası için --- C - N---- bağını koparır	Proteinlerin parçalayan enzimler (Proteinazlar, Peptidazlar)	Amidleri ve protein yapı taşlarını parçalayan enzimler

Esterazlar: Lipazlar, Cholesterinaz , Cholinesteraz , Lecithinaz, Sulfataz, Fosfotaz, Nukleazlar.

Karbohidrazlar: Hekzsidazlar (Oligazlar), Glikozidazlar ve Poliazlar.

Proteinazlar: Pepsinazlar , Tripsinazlar, Papinazlar (Protein ayrıştıran , parçalayan enzimler), Peptidazlar (Peptid ve pepton gibi protein ayrışma ürünlerini parçalarlar).

Amidazlar: Arginazlar, Ureazlar , Asparginazlar, Hippurazlar, Puridezaminazlar, Histidazlar ...

Proteinazlar

Proteinazlar	Peptidazlar
Pepsinazlar	Karboksipeptidazlar
Triptazlar	Aminopeptidazlar
Papainazlar	Dipeptidazlar

9.7.1.1.2. Dezmolazlar

Dezmolazların çoğu Proteid enzimleridir. Apoferment ve Coferment kısımlarından oluşur.

1. Metal içeren enzimler (metal proteinleri):

- Demir proteidleri
- Bakır proteidi
- Çinko proteidi
- Magnezyum proteidi

- Mangan proteidi

2. Vitamin proteidleri:

- Piridin proteidleri
- Aneurin proteidi
- Aloxazin proteidi

Mutazlar, Ferazlar, İzomerazlar, ve Hidrazlar da Dezmolaz grubundan sayılmaktadır.

Permeaz: Mineral ve karbonlu maddelerin alınmasını ve taşınmasını sağlayan taşıyıcı bir protein (Enzim) dir. 1. Spesiyal protein varlığını, 2. Stereo spesifikasyonu, 3. Spesiyal (özel) fonksiyonları içermektedir.

$$dY = p \, dx$$

$$dY = \text{Permeaz artışı}$$

$$p = \text{Sentez sabiti}$$

$$dx = \text{Bakteri biyoması gelişmesi}$$

Galaktosid - Permeaz:

$$G_{in} = Y \cdot G_{ex} / K + G_{ex}$$

$$G_{in} = \text{İntrasellular konsantrasyon}$$

$$Y = \text{Kapasite sabiti}$$

$$G_{ex} = \text{Ekstrasellüler konsantrasyon}$$

$$K = \text{Dissosiasyon sabiti}$$

$$dG_{in}/dt = Y \cdot G_{ex} / K_m + G_{ex} - c \, G_{in}$$

$$V_{in} = V_{inmax} \cdot G_{ex} / K_m + G_{ex}$$

$$V_{in} = \text{Sınırlayıcı hız}$$

$$Y = \text{Permeaz aktivitesi}$$

$$c = \text{Çıkış hız sabiti}$$

Hücredeki madde dönüşümleri enzimlerin biyokatalizator olarak görev yapmalarından dolayı gerçekleşmektedir. Her metabolitin dönüşümü için özel bir enzime ihtiyaç vardır. Enzimler proteinden oluşmakta ve katalizator görevini görmektedir. Substrat spesifik çalışmaktadırlar. Enzimli reaksiyonların hızı enzimsizlere göre 10^{10} katı kadar daha fazladır. Bu sayede 300 yılda tamamlanabilecek bir reaksiyon bir saniyede tamamlanmaktadır.(Enzimli ve

enzimsiz reaksiyonların enerji ihtiyaçları karşılaştırılması . **Bak Şekil 39).**

A + B -----> C + açığa çıkan enerji

G₁ = Reaksiyon başlangıcı

G₂ = Reaksiyon bitişi

$$G_1 > G_2 \quad \text{veya} \quad G_2 - G_1 = dG$$

dG 'nin negatifliği arttıkça reaksiyonun itici gücü de o derece artar.

G = Gibbs serbest enerjisi

Entropi -----> moleküler düzensizlik her faaliyet sonrası gerçekleşir.

Entropinin entalpi ile ilişkisi de aşağıdaki gibidir:

$$dG = dH - T dS \quad dG = \dot{I} G; d = \dot{I}$$

$$dG = G_2 - G_1 \text{ (serbest entalpi)}$$

$$dH = H_2 - H_1 \text{ (ısı farkı)}$$

$$dS = S_2 - S_1 \text{ (Entropi)}$$

$$T = \text{absolut sıcaklık (mutlak sıcaklık)}$$

*Entropi ve Entalpi'den söz edince biraz **Termodinamiğe** girmek gerekir. Termodinamik, fiziksel, kimyasal ve biyokimyasal proseslerde meydana gelen enerji değişimlerini inceleyen bir bilim dalıdır. Termodinamik açısından sistemler ya "İzole sistemler", ya "Kapalı sistemler", ya da "Açık sistemler" olarak ele alınabilir. Termodinamiğin **I. Yasasına göre evrendeki enerji bir sistemden diğerine iletilirken kayıp olmaz ancak şekil değiştirir, dönüşür** (Isı enerjisine, mekanik enerjiye, v.d.). Potasyumklorürün suda çözünmesi bir endotermik (ısı emen) olayken; suyun hidrojen ve oksijenden sentezlenmesi sırasında ısı açığa çıkar (ekzotermik). Reaksiyonlar sırasında entalpi (=E) değişimi olmaktadır. Termodinamiğin **II. Yasası ise rastgelelikleri (spontanlığı, düzensizliği) "entropiyi = S " ifade eder. Spontanlık kriteri $\dot{I} G^\circ$ serbest enerji değişikliğini ifade eder:***

$$\dot{I} G = \dot{I} H - T \dot{I} S ; \dot{I} G, \text{entalpi } (\dot{I} H) \text{ ve entropi } (T \dot{I} S) \text{ faktörlerine bağlıdır.}$$

Enzimolojide metabolit ile substrat eşanlı olarak kullanılmaktadır. Reaksiyonlar daireseldir, yani olaylar reverzibildir.



Şekil 40.' da enzim aktif merkezinde aktifleştirme entropisinin değişim

prensipieri ve enzim etkisinin dairesel çevrim prosesi görölmektedir.

Michaelis sabiti (K_m) **kütle etki kanununa** dayanarak açıklanır, ancak substrat enzim molekülüne bağlandıktan sonra, enzimatik olarak reaksiyona girer.

$$K_m = c. (e-r) / r$$

C = Substratın konsantrasyonu

e = Enzimin konsantrasyonu

r = ES - kompleksinin konsantrasyonu

e - r = Serbest enzim

9.7.2. Enzimlerin Fonksiyonları ve Biyokatalizatör Görevleri

Fermentler (enzimler) biyolojik katalizatördürler. Bu biyokatalizatörler canlı hücrede oluşurlar. Enzimler biyomasın etkin maddeleri grubundandır. Diğer etkin maddeleri ise hormonlar ve vitaminlerdir. Enzimlerin karakteristik özellikleri;

- **Kimyasal reaksiyonlara neden olurlar ve reaksiyonların hızlarını değıştirirler**

- **Spesifik (özgün) etki yaparlar**

. Enzimin substrata bağlı olarak etkinliği görülür, (*substrat spesifik*). Ayrıca da kimyasal olay türünde etkinliği vardır,

- **Sıcaklık optimumu,**

. Her enzimin maksimum etkinliğinin olduğu bir optimum sıcaklığı vardır. 40°C' de ve üzerindeki sıcaklıklarda enzimlerin çoğu zarar görür, bozulur. Enzimler termolabildir.

- **Reaksiyon optimumu,**

. Çözeltiye bağlı olarak, enzim etkinliğinin en fazla olduğu reaksiyon, reaksiyon optimumu diye tanımlanır.

- **Enzimlerin kimyasal yapısı,**

Enzimleri temizlemek ve izole etmek işi doku, ve hücrelerinin ekstraksiyonu ile gerçekleşir.

Koenzim ve prostetik Gruplar

Substratları almak ve bunların parçalarını iletmek için ; örneğin hidrojen,

metil grupları, amino grupları, v.d. , alçak moleküllü enzim protein bileşikleri devreye girmektedir: **Coenzim ve prostetik gruplar.**

Coenzim, cosubstrat ve transportmetabolit eş anlamlı olarak genelde kullanılmaktadır. Coenzimler parçalanmış bir maddenin parçasını almakta ve diğer parçalanmış maddeye taşıyarak her iki parçadan yeni bir maddenin oluşması için taşıyıcılık (transport) işlevini görmektedirler. Buna karşılık alçak moleküllü bileşikler enzim proteini ile sıkı sıkıya bağlı ise, bir parça proteini çözülmeden olduğu gibi taşınıyorsa o zaman enzim proteininin prostetik gruplarından söz edilmektedir.

Enzimler a) Oksidoredüktazlar (alkol- grubu, NAD-altgrubu, v.s.); b) Transferazlar (Fosforil bileşikler grubu, Amino bileşikleri alt grubu, v.s.); c) Hidrolaz (ester bağı grubu, Karboksilester altgrubu , v.d.) ; d) Liaz (C-C bağı grubu, Aldehid altgrubu , v.d.) ; e) İzomeraz (İntra moleküler oksidoreduksiyon grubu, Aldoz, Ketoz Altgrubu v.d.) ; f) Ligaz (C-N- bağı grubu , asit + aminoasit altgrubu , v.d.)

Protein özelliğinde olan enzimler iki gruptan oluşur:

a) Alçak moleküllü kristal yapıda etki maddeleri (C0-Enzim) , bu aktif gruptur. Co-Enzim dializ yolu ile ayrılabilir ve termostabil'dir. Etki spesifikdir.

b) Yüksek moleküllü protein (*Apoferment, Apoenzim*) , bu ise substrat spesifiktir. Kolloid yapıda olduğu için dialize edilmez ve sıcaklığa dayanıklı değildir (termolabil).

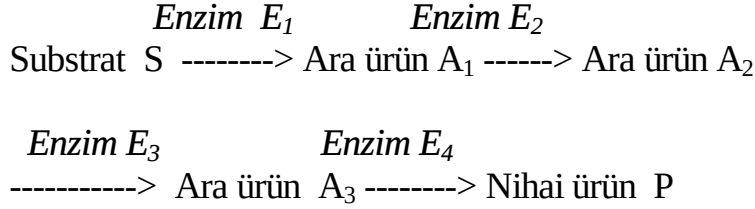
Co-Enzim + Apo-Enzim = Holo-Enzim
(Prostetik grup) (Kolloid taşıyıcı (Tam etkin enzim)
- Ek grup- veya protein maddesi) holos= bütün, tam

Co- Enzimleri büyük bir kısmı vitaminlerin yapı taşı olarak bulunmaktadır.

Proenzim, bazı enzimler hiç bir etkinliği olmayacak şekilde oluşurlar ve ancak bir aktivatorun bulunması halinde etkin hale dönüşürler. Eğer bir proenzim bir enzim ve bir de engelleyici maddeler kısmından oluşursa, o zaman aktivator, engelleyici kısmı ortadan kaldırılabilir. Ayrışma ürünlerinin artması ve çoğalmasının veya spesifik etki eden, genelde kanda görünen antifermentlerin neden olduğu bir engelleme görülebilir. Bir *Co- Enzimin, Apo-Enzime* yaklaştırılmaması, uzaklaştırılması da enzim etkisi engellemesine götürür.

9.7.2.1. Enzim Faaliyetleri

Bir hücrenin canlılığını korumak, büyümesini ve üremesini sağlamak için enerjiye ihtiyaç vardır. Bu ise **metabolizma** sayesinde sağlanmaktadır. Böylece hem enerji ihtiyacı karşılanmakta hem de yeni sentezler için ana maddeler üretilmektedir. **Fazla enerji ise ATP olarak depolanmaktadır.** Ancak maddelerin parçlanması hiç basit olmamakta ve bir dizi reaksiyonları gerektirmektedir. Her ara reaksiyon da bir enzim devreye girmekte ve katalizatör görevini ifa etmektedir:



Enzim başlangıçtan beri hücrede bulunmaktadır veya ihtiyaca göre sentezlenmektedir. **Multi enzim** kompleksleri sayesinde bir dizi reaksiyonlar olmakta ve organik maddeler parçalanmaktadır. Bir çok bakteride enzimleri sitopazma membranı ile sıkı sıkıya bağlı vaziyettedir. Bazı enzimler de sadece olayı aktifleştir-mektedirler, bunlara **Coenzim veya prostetik Grup** adı verilir. Asıl enzim ise **Apoenzim** ' dir. Her ikisi birden ise **Holoenzim**'dir. Prostetik Grublar basit iyonlardır: Mg^{++} , Fe^{++} , ve Cu^{++} gibi; **Coenzimler ise vitaminlerle akrabadırlar.** Bilinen bir Coenzim **ATP** 'dir.

Enzimin şematik bir şekli Şekil **41'** de görülmektedir. Enzim Apoenzim, Coenzim, etki yeri, tutunma yeri, ve aktif merkezden oluşmaktadır.

Aktif merkez iki kısımdan oluşur: Tutunma ve etkileme yerleri. Enzimin en düşük konsantrasyonda bulunması halinde bile enzim faaliyetleri (reaksiyonlar) başlar. Bu olaylar metabolizmanın ana ve yan ürünleri ile de etkilenebilir. Yani reaksiyon hızı artar (**effektor**) veya azalır (**inhibitör**) etkiler görülür.

Enzim reaksiyonları $50^{\circ}C$ 'nin altındaki sıcaklıklarda gerçek-leşmektedir. Düşük sıcaklıklarda isereaksiyon hızı yavaşlamaktadır. Şekil **42** 'da enzimli ve enzimsiz reaksiyonlardaki enerji diyagramı görülmektedir. Bir enzim molekülü bir dakikada 100 000 madde molekülünü parçalayabilmektedir. Bazılarında ise bu değer çok daha fazladır. Enzimler substrata özgündür, sadece belirli enzimler belirli maddelere etki ederler. Enzim proteini ile Substrat belirli yerde birleşirler ve ES Kompleksini meydana getirirler. Kimyasal ayrışmadan sonra enzim tekrar bağımsızlaşır ve yeni bir madde molekülünü parçalamaya gider. Aktif merkezin tutunma yerleri ve etki yeri madde bölünmesinde çok önemli işlev üstlenirler.

9.7.2.2. Enzim Faaliyetlerinin Engellenmesi

Enzimler aktifleştirilebilir veya engellenebilirler. Engelleyen maddelere inhibitör adı verilir. Çeşitli enzimatik engellenmeler vardır:

*** *Kompetitif engellenme***

Substrata benzeyen engelleyici maddeler, kendisini aktif merkeze yerleştirir. Böylece substrat için boş aktif merkez kalmaz, parçalanamaz.

*** *Kompetitif Olmayan Engellenme***

Engelleyici madde (H) , enzim substrat kompleksi (ES) ile bağlanır. Ürün kendisini enzimden kurtaramaz, çözemez.

*** *Substrat Fazlası ile Engellenme***

Çok sayıda substrat enzime aynı zamanda bağlanır ve kompleks inaktif hale gelir.

*** *Alosterik Engellenme***

Engelleyici maddenin serbest enzim ile enzim aktif merkezleri dışında bir yerde bağlantı kurar, enzim deforme olur ve katalizatör görevini hiç yerine getiremez.

Şekil 43' de normal bir enzimatik reaksiyonu görmek mümkündür. **Şekil 44'** de de engellenme şekilleri verilmiştir.

9.7.3. *Reaksiyon Kinetiği*

Aerob mikroorganizmalar biyokimyasal ayrıştırma prosesleri için çevrelerindeki oksijeni kullanmaktadırlar. BOİ₅.

Kemokinetik olay aşağıdaki gibi gösterilebilir:



Bu oklar olayın *reverzibil* olabileceğini göstermektedir.

Reaksiyon hızı v:

$$v = - dS/dt = f(a_1, a_2, a_3, \dots a_n)$$

olarak matematiksel ifade edilebilir.

Substrat konsantrasyonu $a_1, a_2, a_3, \dots, a_n$ parametrelerine bağı olarak birim zamanda değişmektedir.

Substrat konsantrasyonu (S) ile reaksiyon hızı (v) arasında lineer bir bağıntı olduğu görülmektedir.

$$v = -dS/dt = k_1 \cdot S \quad k = \text{orantılılık sabiti (1/t)}$$

S_0 dan S 'ye kadar ve $t=0 \rightarrow t$ sınırlılık koşullarında ; diferensiyel denklemin integrali alındığında:

$$\begin{aligned} -dS/dt &= k_1 \cdot S \\ \int_{S_0}^S (dS/S) &= k_1 \cdot \int_0^t (dt) \\ \ln S_0 - \ln S &= k_1 \cdot t \quad ; \ln S = \ln S_0 - k_1 \cdot t \end{aligned}$$

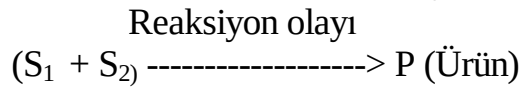
$$S = S_0 \cdot e^{-k_1 \cdot t}$$

$t_{1/2} = \text{Yarılanma süresi (ömrü)}$: Substratın yarısının parçalanması için geçen süre.

$$t_{1/2} = \ln 10 / k_1 \cdot \log 2 = \ln 2 / k_1 = 0,693 / k_1$$

Birinci dereceden reaksiyonlarda yarılanma süreleri sabit kalmaktadır. (**Şekil 45**).

Eğer v hızı S_1 ve S_2 gibi maddelerin toplamına veya birisini karesine eşitse o zaman ikinci dereceden bir reaksiyon söz konusudur:



Diferensiyel eşitlik olarak;

$$\begin{array}{c} v = + dP/dt \text{ veya } - dS_1/dt \text{ veya } - dS_2/dt ; \\ v = k_2 \cdot S_1 \cdot S_2 \\ \text{Reaksiyon olayı} \\ (S + S) \text{-----} > P \text{ (Ürün)} \end{array}$$

$$-dS/dt = k_2 \cdot S^2$$

$$\int_S^{S_0} (dS/S^2) = k_2 \cdot \int_0^t (dt)$$

$$S = S_0/S_0 \cdot k_2 \cdot t + 1$$

k_2 = konsantrasyon sabiti ; $1/\text{konsantrasyon} \cdot \text{zaman}$;

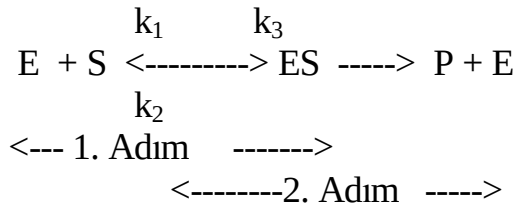
$$(\text{mg/l})^{-1} \cdot \text{s}^{-1} \text{ veya } (\text{mol/l})^{-1} \cdot \text{s}^{-1}$$

Substrat konsantrasyonu arttıkça gelişme hızı azalmaya başlar ve bir noktada da sıfırlanır. Substratın artırılması ise artık reaksiyon hızının artmasına neden olamamaktadır. Substrat konsantrasyonuna bağlı bu reaksiyon sıfırcı derecedendir.

$$v = - dS/dt = k$$

Substrat eksenine paralel eğri bir asimtot oluşturmaktadır. Michaelis ve Menten (1913) buradan hareketle enzim kinetiğini geliştirmişlerdir. (*Şekil 46*).

Denklem'de de enzimatik olarak substrat parçalanması izah edilmektedir. Birinci adım reverzibildir.



E = Enzimin toplam konsantrasyonu

ES = Enzim-Substrat-Kompleks konsantrasyonu

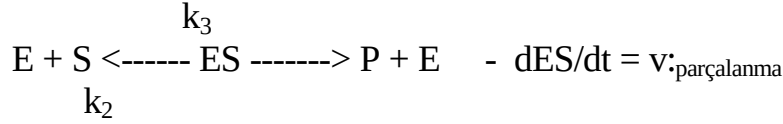
$(E - ES)$ = ES oluşturmak için serbest kalan enzim konsantrasyonu

S = Substrat konsantrasyonu

Genelde hız sabitleri için aşağıdaki ilişkinin varlığı kabul edilmektedir:

$$k_3 < k_1, k_2$$

Sistemdeki akımın dengede olduğu kabul edilirse , o zaman ES - kompleksi de sabit olarak görülebilir. Ancak bu durum ayrışma ile sentezlemenin (oluşumun) aynı ve eşit olması için geçerlidir. ES oluşum hızı ile ES parçalanma hızı , bu durumda aynıdır.



Oluşum hızı (V_{ol}) , serbest enzimlerle ($E - ES$) , substrat konsantrasyonunun (S) , hız faktörü (k_1) koşullarında çarpımlarına eşittir.

$$+ dES/dt = v_{\text{oluşum}} = k_1 \cdot (E - ES) \cdot S$$

Parçalanma hızı ($v_{\text{parç}}$) , k_3 . ES ve reverzibil olan k_2 . ES den oluşmaktadır:

$$- dES/dt = v_{\text{parçalanma}} = k_3 \cdot ES + k_2 \cdot ES$$

Akım dengesinde :

$$k_1 \cdot (E - ES) \cdot S = k_3 \cdot ES + k_2 \cdot ES \quad \text{dir.}$$

Bu denklemdaki tüm k 'ları bir araya toplar ve k_m Michaelis - Menten sabiti olarak ifade edilebilir.

$$(E - ES) \cdot S = (k_3 + k_2 / k_1) \cdot ES = ES \cdot k_m$$

$$k_m = (k_3 + k_2 / k_1), \text{ Michaelis - Menten Sabiti}$$

Bu yolla *enzim-substrat-kompleksinin* denge konsantrasyonunu hesaplamak mümkündür.

$$ES = E \cdot S / k_m + S$$

Halbuki substrat fazlalığında, doygunluğunda maksimum reaksiyon hızına ulaşılır (V_{max}), bu da enzimin toplam konsantrasyonu ile doğrudan proporsyonaldır:

$$V_{\text{max}} = k_3 \cdot E$$

Buna karşılık başlangıç hızı (v) ise ES ile doğrudan proporsyonaldır:

$$v = k_3 \cdot ES$$

Enzim katalitik reaksiyonların ikinci basamağı özellikle nihai ürünün oluştuğu safha olduğu için çok önemlidir. Ancak buradaki reaksiyon hızı birinci fazdakinden çok daha yavaştır. Tüm olay için k_3 hız sabiti belirleyicidir.

$$O \text{ halde ; } v = k_3 \cdot ES \quad ; \quad k_3 = V_{\max} / E \quad ; \quad ES = E \cdot S / (k_m + S)$$

$$v = (V_{\max} / E) \cdot (E \cdot S / (k_m + S))$$

$$v = (V_{\max}) \cdot (S / (k_m + S)) \quad \textbf{Michaelis - Menten Denklemi}$$

Bu denklem bize enzimin reaksiyon hızı ile substrat konsantrasyonu arasındaki ilişkiyi vermektedir. Ancak $V_{\max}$ ve k_m değerlerinin bilinmesi gerekmektedir. Hiperbolun dalına benzeyen bir şekil oluşmaktadır.

V eşitliğinde maksimum gelişme hızının yarısını eşit yazarsak;

$$v = V_{\max} / 2 = (V_{\max}) \cdot (S / (k_m + S))$$

$$\text{Buradan da } k_m \text{ için çözümlersek ;} \\ k_m = S$$

Bunun anlamı ise , $v = V_{\max} / 2$ olduğu an substrat konsantrasyonu k_m kadardır.

Bu nedenle de k_m için " **yarı değer sabiti** " adı da verilmektedir.

Bu eşitlik yardımı ile **Michaelis - Menten Denklemi** 'nin pratik uygulaması oldukça basitleşmektedir. Ancak gene de zahmetlidir.

Önce enzim çözeltisinin $V_{\max}$ değerini bulmak gerekir, bunun içinde substrat konsantrasyonunun çok fazla olması lazımdır. Ayrıca bir sürü tek ek ölçümler yapmak da gerekmektedir. Ki bu yolla reaksiyon hızının $v = V_{\max} / 2$ olduğu an substrat konsantrasyonu k_m durum belirlensin.

Buna karşılık bir grafik yöntemi olan " **Lineweaver-Burk Yöntemi** " çok daha basittir. (**Şekil 47**).

Burada **Michaelis - Menten Denklemi** ters çevrilmiş (reziprok) şeklinde yazılmaktadır:

$$1/v = k_m + S/V_{\max} \cdot S$$

$$1/v = (k_m/V_{\max}) \cdot (1/S) + 1/V_{\max} \quad \textbf{" Lineweaver-Burk Eşitliği"}$$

Bu da bir doğru denklemdir: $y = a \cdot x + b$

Bu denklemdeki a eğimi ; $a = k_m/V_{max}$ kadardır. y (1/v) eksenindeki b değeri ise $b = 1/V_{max}$ ve x (1/S) ekseninde kestiği yer de $- 1/k_m$ dir.

Böylece **Michaelis - Menten Denklemi**'ni değerlendirmek için doğru üzerindeki iki noktayı belirlemek yeterli olacaktır. Ancak bu değerlendirmede V_{max} ekzak, tam doğru, bir değer olarak oluşmalıdır.

"Lineweaver-Burk Eşitliği" 'nin her iki yanı $V_{max} \cdot v$ ile çarpılırsa kısaltılır ve dönüştürülürse ; **Eadie-Hofstee Denklemi** oluşur.

$$1/v = (k_m/V_{max}) \cdot (1/S) + 1/V_{max} \quad] \cdot (V_{max} \cdot v)$$

$$V_{max} = k_m \cdot v/S + v$$

$$v = - k_m \cdot v/S + V_{max} \quad \text{Eadie-Hofstee Denklemi}$$

Michaelis - Menten Denklemi'nin **Eadie-Hofstee** modifikasyonu **Şekil 1.48'** da grafiksel olarak verilmiştir. Bu grafiksel ifadelerin yararı hatalı veya eksik ölçümlerin doğrudan sapmasını hemen göstermekte olmasıdır.

Michaelis - Menten Teorisine göre evsel atıksu içindeki üre substratının üreaz enzimi tarafından parçalanması aşağıdaki gibi olmaktadır:



Üreaz + Üre ve su --> Üreaz-Üre-Kompleksi ---> Amonyak + Üreaz ve Su

Üreyi mineralize etmeye çalışan bakteriler *Bacillus pasteurii* ve *Sporasarcina ureae* 'dır. Bunlar üreaz enzimlerini üretmeye yeteneklidirler.

Kompetitif bir engellemede V_{max} değeri değişmez, **Michaelis - Menten** Sabiti k_m artan engelleme (H) ile birlikte büyür. Engelleme durumlarında **Michaelis - Menten Denklemi** aşağıdaki gibi ifade edilebilir:

$$v = V_{max} \cdot S / S + k_m \cdot (1 + H/k_h)$$

Engelleme sabiti olan k_h Dixon'a göre grafikten bulunabilir.

Kompetitif bir engellenme bulunmuyorsa , k_n değişmezken , engellenme arttıkça V_{max} değeri küçülmektedir.

Allosterik engelleme de "**Lineweaver-Burk**" grafiğinin oluşmaması halinde kendini göstermektedir. $n=1$ için **Michaelis - Menten Denklemi** ile ifadesi aşağıdaki gibidir:

$$v = V_{max} \cdot S / S^n + k_m$$

Substrat fazlalığının engellemesi de grafiksel ifadelerde görülebilir. Engelleme durumlarında grafik doğrusal bir seyir göstermemektedir. (**Şekil 49**) .

Karbonhidrat, Selüloz , Yağ ve Protein Gibi Organik Maddelerin Ayırışmaları

Atıksuların ayrışabilir organik madde içerikleri:

- biyosentez ile oluşan moleküller olabilir,
- endüstriyel sentezle oluşan moleküller olabilir,
- virus, patojen, ve patojen olmayan mikroplar olabilir.

Virus ve mikroplar genelde protozoalar ve rotiferler tarafından elimine edilmektedir. Evsel atık suların organik madde içeriği , atıksu arıtma tesislerinde ve özümleme kapasites yeterli olan alıcı ortamlarda % 90 civarında ayrıştırılır ve nihai ürünler ise: CO_2 , H_2O , NH_4 , PO_4 , SO_4 'dür.

Geriye % 10 'nu kalmaktadır. Bunlar da kısmen parçalanabilir maddelerdir. Bu maddelerin içinde huminasitleri ve sarımaddeler bulunur. 1000 'in üzerinde organik madde vardır ve bunların çoğu da karbonhidrat, yağ, ve proteindir.

Karbonhidratlar ($C_nH_{2n}O_n$) veya $C_n(H_2O)_n$

Karbonhidratlarda bulunan başlıca gruplar:

- sekonder alkol grubu
- primer alkol grubu
- aldehid grubu (aldoz)
- keto grubu (ketoz)

Atık sularda yüksek moleküllü polisakkaritler bulunur ve bunlar ekzo enzimler tarafından hücre dışında alçak moleküllü sakkaritlere dönüştürülürler. Nişastanın parçalanması için amülaaz enzimine gereksinim vardır ve bu enzim çok sayıda bakteri aktinomüset ve mantarlar tarafından

üretir. Glükoamülazlar glükojeni parçalar. Aynı şekilde mikroorganizmalar sellüloz yardımıyla selülozu ve kitinaz yardımı ile de kitini parçalarlar. Bakterilerin mureinleride enzimle parçalanır.

Karbonhidratlar:

a. Monosakkaridler (hazos: glikoz, fruktoz)

(pentoz: riboz, xyloz, mannoz, galaktoz)

b. Oligosakkaridler (sakkaroz)

c. Polisakkaridler (nişasta, selüloz, hemiselüloz) , selüloz ($C_6H_{10}O_5$)_x atıkları termofil bakteriler tarafından hidrolize edilir ve sellobiyoz ara ürününden sonra glikoza dönüştürülür. x = 300 - 2500

Kolay ayrışabilir monosakkaritler ve aminoasitleri tüketildikten sonra; yüksek moleküllü karbonlu bileşikler kullanılır. Enerji tüketen taşıma veya hücre içine taşıma işini enzim permeaz gerçekleştirir. İekil 'de aktif madde taşımının model anlatımları görölmektedir. Taşınacak madde aktif taşıyıcıya ($C_{akt.}$),bağlanmakta ve membrandan geçerek hücre içine teslim edilmektedir. İnaktifleşen taşıyıcı daha sonra reaktifleştirilmekte ve hücre dışına dönük taraftaki yerini almaktadır. 1. Model örneğinde olay böyle sürüp gitmektedir. 2. Model ve 3. Model farklılaşmaları ile birlikte benzer bir şekilde açıklanmaktadır.

Glükozun desimilasyonunda yaklaşık dört düzine enzim etkin olarak rol oynar. Yani glukoz parçalanması sayısız kısmı adımlarla gerçekleşir. Enerji bir defa da serbest bırakılmaz. Bilakis tek tek açığa çıkar. Canlı organizmalarda disimilasyon olayı hiçbir zaman durmaz.

Gerek anaeorb gerekse aerob metabolizmada monosakkaritler çok çeşitli yollarla parçalanabilirler.

Glikolitik parçalanma fosforlaştırmadan (fosfor birikmesinden) sonra, fruktoz difosfat üzerinden brenzüüması oluşumuna gider. Bu F.D.P. yolu Embden/Meyerhof/Pomas tarafından bulunduğ u içinde E.M.P yolu ide adlandırılmaktadır.

İkinci bir yolu ise dekarboksilleştirme vermektedir. Burada pentozfosfatı oluşmaktadır. Devam eden reaksiyonlar bir heksozfosfatın heksozmona fosfatın; kısaltılmış hali ile PP- yolu veya HMP yolu; oluşmasını sağlamaktadır.

Entner ve Douderoft ketodezoksifosfoglukanasidi üzerinden ayrışma yolunu keşfetmişlerdir. Bu nedenle de bu yola ED yolu veya çok seferinde ise

KDPG yolu denilmektedir.

Bu sözü edilen 3 ayrıştırma yolunun işlerliği mikroorganizma türlerini, substrata ve ortam koşullarına bağlıdır. KDPG yolu gram negatif bakteriler için mümkündür. En sık görülen yol ise F.D.P. yoludur.

Anahtar pozisyonu ara ürün olan brenzüzüm asidi olmaktadır. Bu anaerob olarak süt asidine alkol fermentasyonu ile etonole ve diğer maddelere dönüştürülürler. Aerob metabolizmada brenzüzüm asidi dikorboksilleştirilir ve oksitlenir. Koenzim A ile Asetil-Koenzim A oluşur. Buda trikarbonasidi siklusuna (çemberine) alınır. Adım adım hidrojen enerji bakımından zengin ATP bileşiği oluşuktan sonra suya asitlenir; parçalanır.

Tablo 15: Şekerin çeşitli fermentasyon yolları

Fermentasyon Tipi	Organizma	Yolu	Nihai Ürün
Alkol Fermentasyonu	Maya	FDP, KDPG	Etoral CO ₂
Süt Asidi (Homofermaentatif)	Streptokoklar	FDP	Süt asidi, biraz etanol, karınca, sirke ve fumar asitleri
Süt asidi (Heterofermaentatif)	Lactobasiller	HMP	Süt asiti, etanol, sirke asidi, gliserin, karbondioksit
Karınca asidi	Esiherichia, Salmonella, Proteus	FDP	Karınca asidi, süt asidi, sirke asidi, Bernstein asidi , etanol
Büterik asit n-Bütanol Aseton 100 propanol	Clostrid	FDP	Büterik asit n-Bütanol Aseton İzopropand CO ₂
Propiyon asitleri	Mikrokokkus Lactilitikus Klastridium propioricum	FDP	Propiyon asidi, sirke asidi, CO ₂

Şekil 'de polisakkaridin parçalanması görülmektedir.

Polisakkarid -----> Oligosakkarid -----> Monosakkarid ----->
 $C_6H_{12}O_6 + 6O_2 + 6H_2O \longrightarrow 6CO_2 + 12H_2O$; dG = - 2826,09 kJ

Selülozun ayrışması: (Selülaz enzimi ile ayrışma başlamaktadır)

Selüloz
Monosakkaridler

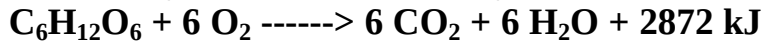
Alkoller

Brenz üzüm asiti

Alçak yağlar CO₂

Metan CO₂

Aerobik ayrışma: Mantarlar, Myxobakteriler , Bakteriler



1 g biyomas -----> 20,9 kJ enerji eşdeğeri .

Anaerobik ayrışma: Mesofil ve termofil bakteriler (Clostridium)



Karbonhidratların en önemli ayrışma ürünleri:

Yağasitleri: Sirkeasiti, buterikasit, propiyonikasit,

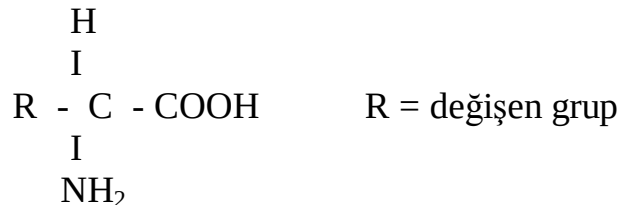
Alkoller : Etilalkol,

Aldehidler : Asetaldehid,

Proteinler

Proteinler suda çözünürler ve kolloid özellikte çözeltileri oluştururlar. Bazı tuzlar proteini çevreleyerek çözünürlüğünü engelleyebilirler. Bu durumda protein ayrışması gerçekleşemez.

Aminoasitleri ve peptidler proteinlerin yapıtaşdır. Aminosaitinin değişmeyen yapısı aşağıdaki gibidir:



Aminoasitleri alifatik ve aromatik yapıda olabilir;

C = 2 -----> Glisin

C = 6 -----> Lösin

Kükürtlü ise ; Lysin
Aromati yapılı ise ; Tirozim

- Basit proteinler

Aminoastleri ve onların türevlerinden oluşurlar: a) Albuminler , b) Globulinler, c) Glutonlar , d) Prolaminler , e) Albuminoidler, f)Histonlar, g) Protaminler.

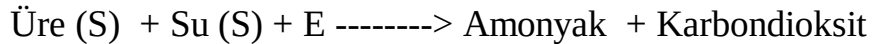
- Bileşik proteinler

- . Nukleoproteinler (DNA, RNA)
- . Fosfoproteinler (Vitellin, yumurta sarısı)
- . Glikoproteinler (Müsin)
- . Kromoproteinler (Sitokrom, v.s.)
- . Lipoproteinler (Lipidler , fosfolipidler ..)
- . Metaloproteinler (Cu ve Fe iyonlarının koordinasyon bağları ile bağlı proteinler)

Çok sayıda organizmalar proteinleri parçalayabilirler. Proteolitik enzimlerin üretme yeteneği toksonomik olarak değerlendirilmektedir. Ekzoenzimle proteinleri poli ve oligo-peptitlere parçalarlar. Kırılma parçaları ya peptiolazlar tarafından hücre dışına taşınır ve aminoasitlerine kadar parçalanır veya hücre içlerine götürülür ve orada proteolitik işlem görmeye devam eder. Aminoasitlerden türe has, özgü proteinler oluşur. Desaminleşmiş ve dekarboksilleşmiş olarak intermediyer metobalizmaya karışır.

Oksidatif desaminleşme, yani NH₂ grubunun parçalanması ilk ayrıştırma adımı olarak en yaygın olanıdır.

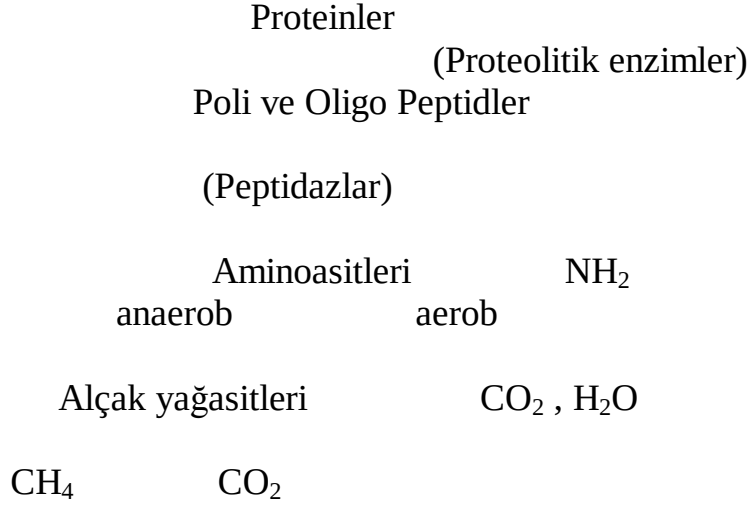
Hidrolitik desaminleşme ürenin amonyak ve karbondioksite parçalanmasıdır.



Ayrışma için (S) , üreaz enziminin (E) bulunması şarttır (Sparosorcina üreaz, Zicillus pasteuris, Proteus vulgaris).

Dekarboksilleşme optimum bir şekilde dekarboksilozlar tarafından asidik sahada gerçekleşir. Ayrışma ürünleri olarak da aminler ve CO₂ oluşur.

Proteinlerin ayrışması: (Proteolitik enzimler ile ayrışma başlamakta ve peptidazlar yardımı ile hücrede aminoasitine kadar parçalanmaktadır.



Aminoasitlerinden NH₂ grubu ayrılır geriye kalan karbonlu bileşikler ;

a) aerob çeşitli intermediyer metabolizma yolu CO₂ , H₂O 'a parçalanır.

b) anaerob alçak yağlar, metan ve karbondioksit oluşmaktadır. Bazı durumlarda aminoasitlerinden aminler meydana gelmektedir. Bunlar da yoğun kokuları ile kolay tanınmaktadır (İndol , Skatol , Cadaverin, Metilamin).

L-Aminoasitleri: Özellikle bir yetişkin insanın günlük L-Aminoasitleri ihtiyacının karşılanması ve kana karışabilmesi için , 60 g protein alması gerekmektedir.

Proteinler önce extrasellular (hücre dışı) İekil ' de görüldüğü gibi parçalanmakta ve serbest aminoasitleri oluşmaktadır. Aminoasitleri de induksiyon taşıma sistemlerine göre içeriye alınmaktadır. Peptid ve aminoasiti karışımı (Pepton) de bakterilere substrat olabilmektedir. Hücre dışı proteoliz yolu ile oluşan aminoasitleri de hücre içine girdikten sonra hücre içi "Aminoasit Havuzları" oluşturmaktadır. Daha sonra İekil 'de görüldüğü gibi hücre içinde (Intrasellular) özellikle bakteri gelişmesi stasyoner (sabit) faza ulaşınca "Otoliz" olayı gerçekleşmekte ve proteinlerin bir kısmı hücre içinde parçalanırken , bir kısmı da biyosentez yolu ile yapıtaş proteinine dönüştürülmektedir. Proteinaz ve peptidaz enzimleri çok büyük rol oynamakta-dır. İekil 'de Ascomyceten (*Neurospora crassa*) da Aminoasiti havuzu ile Gelişme arasındaki ilişki ve de Proteolitik enzimle , dezaminleştiren enzim arasındaki ilişkiler görülmektedir. Zamana karşı amino asiti havuzundaki , gelişmedeki ve enzimlerdeki değişimler ifade edilmiştir.

Yağlar

Yağlar suda çözünmeyen "Apolar" gruplardan oluşan moleküllerdir. Ancak eter, kloriform gibi organik çözücülerde çözünürler.

- basit lipidler , yağ asitlerinin değişik alkollerle esterleşmesi sonucu oluşur:

a. yağlar (yağasiti + gliserin); b. mumlar (yağasiti + yüksek alkoller)

- bileşik lipidler ; yağasiti , alkol , fosfat-sulfo-amino-protein v.s. oluşur.

- türev lipidler ; steroidler ve karotinoidler ...

Yağasitleri ve nötral yağlar:

Yağasitleri ve nötral yağlar doymuş ve doymamış alifatik hidrokarbonların kar- bıkısil türevleridir.

Doymuş yağlar; Asetik asit (2) ; Butirikasit (4) ; Kaproikasit (6) , Kaprilikasit (8) ; Kaprinik (10) ; Laurikasit (12) ; Miristikasit (14) , Palmitikasit (16) , Stearik asit (18)

Doymamış yağlar ; Palmitoleik asit (16) ; Oleik asit (18) ; Nervonik asit (24).

Yağasitlerinin , gliserinin üç alkol grubu ile esterleşerek meydana getirdikleri birleşiklere nötral yağlar denir (trigilseridler).

Yağlar, yani lipidler evsel atıksularda bol miktarda yüzeysel suya karışırlar. Lipolitik bakterilerin sayısı artmaktadır. Su ortamında (Pesuodomonas). Bunlar yağları önce enzimatik yolla gliserin ve yağ asitlerine parçalarlar. Gliserin de FDP yolu üzerinden TCC geçişi bulunur. Yağ asitleri Coenzim A'nın yardımıyla yağ asitleri spirallerine parçalanır.

Lipidler: molekülleri yağasitlerinden ve alkollerden oluşur, yağlar ve vaksar da olduğu gibi;

Lipoidler: moleküllerde ilave olarak fosfat veya şeker bulunur;

Yüksek molekülli hidrokarbonlar: İsoipren ,

Her parçalanma Asetil Coenzim A ve yağ asitlerinin Coenzim A-Esterine dönüştürür. Bunlar ise iki karbon atomu kadar kısadır. Diğer parçalanma olaylarına açıktır ve tamamen parçalanır, Asetil Coenzim A molekülli genel matabolizmaya (TCC) katılır.

Yağların ayrışması: (Lipaz enzimi ile ayrışmabasılamaktadır)

Yağlar

Giliserin

Yüksek yağasitleri

Brenz üzüm asiti

Alçak yağasitleri

CO₂

CH⁴

CO₂

Aerobik ayrışma : Yağlar yağasitleri ve giliserine kadar hidrolize edildikten sonra H²O ve CO₂'e oksitlenmektedir. Anaerobik ayrışmada ise düşük moleküllü asitler , CH⁴ ve CO₂ oluşmaktadır.

Anaerobik arıtma yönteminin pozitif bir enerji bilançosu vardır. Suyun içindeki organik kirleticilerin yaklaşık % 90' ını biyogaza dönüştürmektedir. Bu biyogazın da ısı değeri 5000 - 6000 kcal / m³ dür. Bakteri gelişmesi ve biyomas oluşması için artan enerji miktarı çok azdır. Bu nedenle de bir çamur sorunu oluşmamaktadır, ancak az biyomas üretimine bağımlı olarak da arıtma verimi de düşüktür. Bu nedenle de anaerobik yöntemler, aerobik yöntemler kadar atıksu arıtılmasında yaygınlaşamamıştır.

Aromatik Hidrokarbonlar

Tyrosin, Phenylalanin gibi aromatik aminoasitlerinin molekülünde fenol halkaları bulunur. Bir çok tarımsal mücadele ilaçlarında aromatik halkalar vardır. Odunsu bitkilerde lignin de çok önemli bir destekleme yapı taşıdır. Çok sayıda aerob bakteriler , mantarlar ve mayalar lignini parçalama yeteneğine sahiptirler.

Alifatik hidrokarbonlar

Uzun halkalı hidrokarbonlardır, petrolün ana yapıtaşını oluştururlar.

Organik Maddelerin Ölçüm Yöntemleri ve Değerleri

Çevre Mühendisliği uygulamalarında bu ayrışabilir organik maddelerin biyolojik veya kimyasal yöntemlerle ölçülebilmesi ve değerlerinin ortaya konulabilmesi gerekmektedir. Bu ölçülen parametreler de mühendislik boyutlandırmalarında önem arz etmektedir.

Çözülmüş Oksijen:

Suyun organik bileşenlerini besin maddesi olarak kullanan

mikroorganizmalar bu iş için su içindeki serbest oksijen kullanırlar. Serbest oksijen miktarı 4 mg/l'te indiği an balık yaşamı tehlikeye girer. Daha da azalırse belirgin oksijen açığı görülür. Bu durumda ortamla anaerob yaşayan organizmalar baskın duruma geçer. Su içinde sadece biyolojik oksidasyon olmaz, aynı zamanda da kimyasal oksitlenmelerde olur.

Organik maddeler suyun oksijen bilançosunu doğrudan veya dolaylı yoldan etkileyeceği için ne kadar oksijen kullanacağını önceden saptamak yararlı olur.

BOI ve KOI arasında sabit ve kesin bir bağıntı yok, TOC ise KOI'den biraz fazla değer vermektedir. Dietriche göre KOI ile organik karbon (TOC) arasındaki oran 0.6 ve 4 arasında değişir. Ayrıca suyun cinsine göre değişir. Evsel atık sular için KOI/TOC 2.6 alınmaktadır. KOI değerlerini büyük alet, zaman gereksinimi duymadan saptamak, yönetimi geliştirme zorunluğu vardır.

Biyokimyasal Oksijen İhtiyacı (BOI):

İlk BOI ölçümlerini 1870 yılında Frankland yapmış ve seyreltme yöntemi geliştirmiştir. Kirli suyun irdelenmesinde BOI en önemli parametreliliğini hala korumaktadır. Organik madde çoğaldıkça bakterilerin metabolik faaliyetleri sonucu O₂ tüketimi de artar. Sanayinin toksik atık suları BOI değerini küçültürken; O₂ tüketimi gene de büyük oranda olabilmektedir.

Theriamit 1927'd e atık su içeriğinin iki kademe parçalandığını ispatlamıştır. Birinci kademe de karbonlu bileşikler parçalanmakta ve 20 gün sürmektedir. İkinci kademedede ise ilk 10 günden sonra başlamakta ve azotlu bileşiklerin parçalanmasını kapsamaktadır. Olay yavaş sürmektedir. Nihai ürünü ise nitrattır. Parçalanma olayları organik maddeler mineralize oluncaya kadar sürer.

Olay bu karışık halde ancak doğal sularda görülür. Burada da sediment çamurlarıyla birlikte parçalanır. Halbuki arıtma tesislerinde çamur sudan alınır ve ayrı bir yerde anaerob yöntemle işlem görür.

BOI'nin metamatiksel ifadesinde, ancak birinci kademe gözönünde tutabilmektedir. Burada ise eşit zaman aralığında, geriye kalan BOI miktarının eşit oranı parçalanmaktadır. 20oC'de %20.6 dır.

Bu reaksiyon 1.derecedendir ve aşağıdaki gibi ifade edilir:

$$dy/dt = k(L-y) \text{ 'in diferensiyel denklemi;}$$

$$y = L (1 - e^{-kt}) \quad \text{BOI denklemin verir.}$$

y = t süresinde BOI giderilmesi

k = reaksiyon sabiti

L = toplam BOI (1. ayrışma kademesinde)

t = zaman birimi

Bu eşitlik Phelps'in (1909), Theriault (1927) çalışmalarına dayanmaktadır. 20oC k= 0.2303 tahmin edilmektedir. Bu da kalan BOI'nın %20.6 (20oC)de oranında parçalanmasına eşdeğerdir.

Fair (1954) ve Pöpel (1976) sıcaklığa bağlılığını gösteren çizelge değerleri oluşturmuşlardır.

BOI eğrisi tam anlamıyla 1.dereceden bir reaksiyon gibi hareket etmemektedir. Bakteriler önce monosakkaritleri ve aminoasitlerini parçalamaktadır. Bu substans parçalanmasından sonra bakteriler oluşan yeni ortam koşullarına uymak zorundadır. Bir BOI Platosu oluşmaktadır. Bakteriler daha sonra yüksek moleküllü bileşikleri enzimatik yolla parçalamaya çalışmaktadır. (Sellüloz, Kitin vs) yeni adaptasyon koşulları , eğrinin şeklini etkilemektedir. Besin maddesi ilave edilmese bile bir BOI değeri görülür; bu da endojen solunumdan gelmektedir.

Hartman ve Wilderer gibi araştırmacılar son yıllarda çok daha kısa zamanda BOI değerini ölçme ve sonuçların yan etkilerinden azaltılması çalışmalarına girmişlerdir. 30 dakikadan az bir süre bile, bu yöntemle karakteristik değerlerin elde edilmesine yeterli gelmektedir.

BOI eğrisi toplam oksijen tüketimi hakkında bilgi vermekte birlikte, ayrışma prensiplerinin nasıl cereyan ettiğini açıklayamaz. Biyozözün bileşimi sürekli değişimi uğramaktadır. Bir ortama adaptasyon dinamik bir olaydır ve BOI bunu ifade edemez.

Bu nedenle de 1923 yılından bu yana BOI₅ değerleri esas kabul edilmiştir ve sonuçları karşılaştırma olanağı doğmuştur.

Arıtma tesisinde 5 günlük süre içinde sürekli ayrışma ve su girişleri nedeniyle besin maddesi değişimi olmaktadır. Biyomaslarda belli kaymalarla yeni koşullara uyum sağlamaktadır. Değerlendirme günü ise koşullara tamamen daha başka olmuş olabilir. Görüldüğü gibi su kirliliğini irdelemek bakımından BOI yeterli bir parametre değildir.

Problem:

Bir akarsu 1,02 m³/s debi ile akmaktadır. BOİ₅ değeri ise 9,1 mg/l 'dir.

ÇO - değeri de , 20 C 'de , 6,1 mg/l 'dir . Her gün bir mekanik arıtmadan gelen atıksu ; BOİ₅ = 120 mg/l ve ÇO = 4,6 mg/l olarak akarsuya verilmektedir. 20 C 'deki O₂- eğrisini çiziniz?

a) Ayrışma hız sabiti: $f=k= 20\text{ C de } 2\text{ ile } 3\text{ arasındadır; burada } k=2,4$ olarak alınmıştır.

b) Çözünmüş oksijen değişimi (ÇO): $s = \text{Doygunluk değeri} = 9,2\text{ mg/l}$, 20 C 'de.

$$A=D=F= A_{\text{çık}},$$

$$A_1 = 9,2 - 6,1 = 3,1\text{ mg/l}$$

$$A_2 = 9,2 - 4,6 = 4,6\text{ mg/l}$$

Her ikisinin karışımından sonra da ;

$$A_3 = (1,02.3,1 + 0,044.4,6) / (1,02 + 0,044) = 3,2\text{ mg/l}$$

c) BOİ₅ değişimi: karıştıktan sonraki BOİ₅ değeri ;

$$\text{BOİ}_5 = (1,02.9,1 + 0,044.120) / (1,02 + 0,044) = 13,7\text{ mg / l}$$

$$\text{BOİ}_{5\text{ } 20\text{ C}} = 1,46 \cdot 13,7 = 20,0\text{ mg/l}$$

$$1,46 = 1.\text{ kademe tam oksijen gereksinimi (çizelgeden alındı)}$$

d) Fair'e göre oluşan abaktan O₂- eğrisi hesaplanabilir.

Kimyasal Oksijen İhtiyacı (KOİ):

BOİ değeri atık suların veya kirli suların irdelenmesi için yeterli olmadığı zamanında anlaşılmıştır. Burada ölçülen değerler sadece bakterilerin metabolik faaliyetleri için tükettikleri oksijen ifade etmektedir. Kimyasal reaksiyonların oksijen tüketimi ifade edilmemektedir.

Bazı durumlarda da maddelerin enzimatik parçalanması beş günden daha fazla bir süreye gereksinim duyurmaktadır.

Bu nedenlerden dolayı potasyum permanganat yönteminden yararlanarak KOİ değeri bulunmuştur. Potasyum permanganat zayıf bir oksitleyici madde olduğundan, tüm organik madde kısmını tayin etmek uygun olduğuna karar verilmiştir. Bu yolla organik maddenin %100'ü kapsama alınır. Toplam gerekli oksijen miktarı bulunur.

APHA American Public Health Association standart Methods kitabından

yararlanarak analizler yapılmaktadır. Alıcı ortamların organik madde ile yüklenmesi konusunda K0I değerleri kesin sonuçlar vermektedir.

Yüzeysel Sulardaki Zarar Etkilerine Göre Atık su İçeriğinin Sınıflandırılması

a. Çökebilir maddeler: Akarsu yatağı temizlenmesinde çok fazla masraf doğururlar. Yaz aylarında çamur gazları çok yüksek mikrobiyal O₂ gereksinimi arzederler. Yüzücü çamurlar oluşur, içme suyu arıtma tesislerine ani yükler gelebilir. İnce süspanse maddeler yumaklaştıktan sonra akarsu yatağına çöker.

b. Toksik maddeler: Ayrışma yeteneğini etkiler, genel olarak da uzar, yayılır. Sudaki organizmalara ve insanlara zehirli etki yapar.

c. Kuvvetli oksijen tüketen organik maddeler: Oksijen kaybına neden olmakta, çürüme olayı başlamakta, koku kirlenmesi mantarlaşma yaygın görülmektedir.

d. Zor parçalanabilir organik maddeler: Genel olarak suyu bulandırırılar, içme suyu olarak kullanılmasını engellerler, sağlığa zararlı bileşenler içerirler.

e. Bitki besin maddeleri: Otlashmayı ve buna bağılı olarak da çamur çökmesini arttıırırlar. Durgun suların içme suyu ve kreasyon alanları olarak kullanılmasını olumsuz yönde etkiler.

9.7.3.1. Reaksiyon Kinetiği ve Gelişme İle İlgili Problemler

Problem:

Metanollü bir ortamda sınırlı yaşam koşullarında aerobik bakterilerin büyümeleri aşağıdaki gibi olmuştur. Buna göre

- a) Maksimum üreme hızını (μ_{max})
- b) Substratın verimini (Y_x/S)
- c) Kütle ikilenme süresini (t_d)
- d) Doygunluk sabitini (K_s)
- e) $t = 10$ saat için özgün üreme hızını bulunuz.

Zaman (saat)	X (g/l)	S (g/l)
0	0.2	9.23
2	0.211	9.21
4	0.305	9.07
8	0.98	8.03
10	1.77	6.8
12	3.2	4.6
14	5.6	0.92
16	6.15	0.077
18	6.2	0.0

Problem: Bir sürekli kültür ortamında mikroorganizmanın büyüme kinetiği, substrat tüketimi, karışık büyüme ve denklemleri aşağıdaki gibi verilmiştir:

$$dx/dt = (\mu_m S / K_s + S) \cdot X$$

$$dS/dt = (\mu_m S / (K_s + S) Y) X$$

$$dP/dt = a dX/dt + bX = (a\mu + b)X$$

Kinetik parametre değerleri ise:

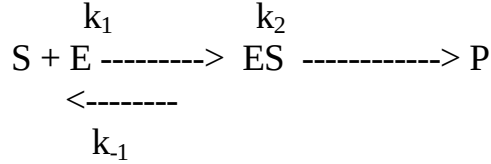
$$\mu_m = 0.7h^{-1} ; K_s = 20 \text{ mg/L} ; Y_x/S = 0.5 \text{ g dw/g subs}$$

$$a = 0.1 ; b = 0.02 h^{-1} ; S_0 = 1 \text{ g/l}$$

Ürün şeklinin produktivitesini artırmak için optimum seyrelme oranını tanımlayınız (PD)?

Hücre şeklinin produktivitesini artırmak için optimum seyrelme oranını tanımlayınız (DX)?

Enzim fümerazın aşağıdaki kinetik eşitliği vardır:



$$k_1 = 10^9 \text{M}^{-1} \text{sec}^{-1}$$

$$k_{-1} = 4.4 \times 10^4 \text{sec}^{-1}$$

$$k_2 = 10^3 \text{sec}^{-1}$$

a) Bu enzim için Michaelis Menten sabitinin değeri nedir, bulunuz?

b) Enzim konsantrasyonunun 10^6 M olması halinde ürün formasyonunun anlık hızı ne olur? ve substrat konsantrasyonu da 10^{-3}M ?

Problem :

Bir engelleyici (I) bir enzim reaksiyonuna 1.0 mg/l düzeyinde eklenmiştir. Aşağıdaki sonuçlar $K_m = 9.2 \text{ g S/l}$ için elde edilmiştir.

V	S
.909	20
.658	10
.493	6.67
.40	5
.333	4
.289	3.33
.227	2.5

a) Bu durumda engelleyici kompetitif midir yoksa kompetitif değil midir?

b) K_I değerini bulunuz?

Problem :

Bir enzim kataliz reaksiyonunda aşağıdaki sonuçlar elde edilmiştir:

Buna göre $V_{\max}$ ve K_m değerlerini tanımlayınız?

Eadie - Hofstee Yöntemini kullanarak, bu sabitleri grafiksel olarak ifade ediniz

İki tanımlama arasındaki bağıntıları açıklayınız?

Enzim kataliz reaksiyonunun başlangıçtaki hızı aşağıdaki gibidir:

(S) , moles/l	v (μ moles/min)
5. x 10	125
2. x 10	125
6. x 10	121
4. x 10	111
3. x 10	96.5
2. x 10	62.5
1.6 x 10	42.7
1.0 x 10	13.9
8.0 x 10	7.50

Problem :

Aşağıdaki veriler sabit sıcaklıkta ve pH değerindeki enzim reaksiyonlarını ifade etmektedir:

Substrat Konsantrasyonu (S) Mol/l ($\times 10^3$)	Başlangıç hızı (v) Mol/sec ($\times 10^5$)
2	13
4	20
8	29
12	33
16	36
20	38

Enzimin molekül ağırlığı 50.000; enzimin konsantrasyonu 2 mg/ml' dir.

Bu verilerden Michaelis Menten sabitinin değeri nedir, bulunuz?

Erişilebilecek maksimum reaksiyon hızını ($V_{\max}$) ve hız sabiti k_{+2} değerini bulunuz?

Kullanabileceğin başka bir denklem türet?

Problem:

Bir aminoasitin enzim katalizli dekarboksilasyonu sırasında aşağıdaki CO_2 oluşum hızı belirlenmiştir:

a) 2.00 mM aminoasit konsantrasyonunun olası reaksiyon hızını,

b) Maksimum ulaşılabilir reaksiyon hızını ,tahmin ediniz?

<i>Aminoasit konsantrasyonu</i> (Milimolar), mM	<i>Oluşan CO₂</i> (µl/ 10 dakika)
0.10	8.2
0.20	14.7
0.33	21.7
0.67	34.5
1.00	43.4

Problem:

1 mol metanın oksitlenmesi için gerekli olan oksijen kaç gramdır?
10 g glikozun biyokimyasal olarak yakılması sonucunda açığa çıkacak enerji ve tüketilen oksijen miktarı ne kadardır?

Kızıl algleri için $K_s=15$; $\mu_{max} = 1.2$ ve yeşil algler için $K_s= 100$; $\mu_{max}=1.8$; olduğuna göre gelişme grafiğini çizin ve irdelleyin?
 $P = 1,5 \text{ mg/l}$; $T = 38 \text{ C}$; $T_{opt.} = 25 \text{ C}$; $I = 112 \text{ J/cm}^2 \cdot \text{gün}$ ve $K^p=15$,
 $k_1= 22$, $\mu_{max} =1.2$ olduğuna göre bakteri gelişme hızını (μ) bulunuz?

Enzimatik reaksiyonlarda k_1 , k_2 , ve k_3 ifadeleri nedir?
 $k_3 \times ES$ 'in anlamı nedir , açıklayın?

Problem:

Enzimatik reaksiyonun hızını hangi faktörler etkilemektedir? Bir enzimli reaksiyonda aşağıdaki sonuçlar elde edilmiştir:

$v \text{ (mol/saat)}$	<i>Substrat konsantrasyonu (molar)</i>
0.1230	5.000
0.1212	2.500
0.1192	1.667
0.1177	1.250
0.1160	1.000
0.1143	0.833
0.1127	0.715
0.1111	0.625
0.1096	0.555
0.1081	0.500

Enzimin Michaelis Menten sabitini bulunuz ve olası maksimum reaksiyon hızını hesaplayınız.

Tablo 1.15: Mikrobiyolojik biyosönözün ağırmetaller tarafından engellenmesine örnekler

Sabrobi sistemi	Zn engellemesi		Cu engellemesi	
	K	V_{max}^*	K	V_{max}^*
	mg Zn/lt	mgO ₂ /g N·dak	mg Cu/lt	mgO ₂ /g N·dak
Polysaprob	-	-	1,75	8,3
Polysaprob	1,62	10,33	1,25	11,05
Polysaprob	0,35	14,28	1,25	17,13
Poly alfa mezosaprob	0,48	14,51	2,0	9,8
Alfa mezosaprob	1,5	5,32	-	-
	Zn engellemesi			
	K	K		
	mg Zn/lt	mg Zn/lt		
Polysaprob	-	-		
Polysaprob	10,5	8,57		
Polysaprob	7,2	14,14		
Poly alfa mezosaprob	3,3	15,87		
Alfa mezosaprob	-	-		

9.8. Açıklamalar ve Hatırlatmalar

$$y = mx + b$$

$$m = \tan \alpha = \frac{y_2 - y_1}{x_2 - x_1}$$

Bir laboratuvar hayvanındaki dizi ölçümler aşağıdaki gibidir:

Laboratuvar hayvanının yaşı(hafta) *Vucut ağırlığı(gram)*

------(X)-----	------(Y)-----
3	45
4	85
5	125
6	165

Denklemden yerine konulursa;

$$m = \tan \alpha = \frac{y_2 - y_1}{x_2 - x_1} \quad m = \frac{165 - 45}{6 - 3} = 40$$

$$y - 85 / x - 4 = 40 \text{ olduğuna göre;}$$

$$y - 85 = 40x - 160$$

$$y = 40x - 75 \quad x=0 \text{ için } y = - 75$$

9.8.1. Enzim, Substrat, Bakteri, BOİ, İlişkileri

$$-d \text{ BOİ} / dt = v = V_{\max} (-x \text{ BOİ} / K_m + \text{BOİ})$$

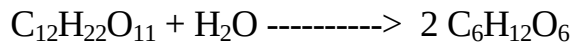
$$V_{\max} = (\text{mgO}_2 / \text{g N , dak.}) ; K_m = (\text{mgO}_2 / \text{l})$$

$$x = E = \text{-----} > \text{g org N / l} ; S = C = \text{-----} > \text{mg org. C / l}$$

$$C = \text{BOİ} = \text{-----} > \text{mg O}_2 / \text{l}$$

Problem :

Bir mol disakkarid bir mol su ile reaksiyona girerek 2 mol monosakkarid oluşturmaktadır:



Disakkaridin molekül ağırlığını bulunuz?

$$12 \text{ C} = 12 \times 12 = 144$$

$$22 \text{ H} = 22 \times 1 = 22$$

$$11 \text{ O} = 11 \times 16 = 176$$

$$\text{-----}$$

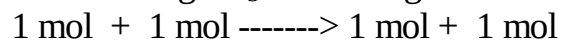
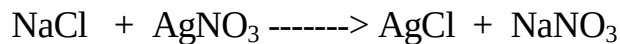
$$\text{Toplam C}_{12}\text{H}_{22}\text{O}_{11} \text{ ağırlığı} = 342 \text{ g}$$

Bir milimolün (mmol) ağırlığı ise: 342 mg veya $342 \times 10^{-3} \text{ g}$

Bir mikromolün (umol) ağırlığı ise: 342 ug veya 342×10^{-6}

Problem :

Sodyum nitratın ağırlığını bulunuz?



Na = 23 ; Cl = 35,5 ---> NaCl = 58,5 (Sodyumklorürün molekül ağırlığı)

$$\text{Ag} = 107,9 ; \text{-----} > \text{AgCl} = 143,4$$

N = 14 ; O = 16 ; -----> AgNO₃ = 169,9 g

NaNO₃ -----> 85 g

Konsantrasyonun 1.) ağırlık /ağırlık (g/g) ; 2.) ağırlık / hacim (g/ml); 3.) hacim/hacim (ml/ml) şeklinde ifadesi mümkündür.

Molarite = çözeltideki mol sayısı / çözeltinin 1 litresi

Normalite = çözeltideki ekivalent sayısı / çözeltinin 1 litresi

Molalite = çözeltideki mol sayısı / çözeltinin 1000 g'ı

1 kJ -----> 0,055 g glikoz

1 kJ -----> 0,067 g oksijen

1 g KM -----> 16.3 kJ

1 g OM -----> 20,5 kJ

Problem :

Belirli bir ekolojik koşulda bir S bir E tarafından parçalanmaktadır. Zamana göre substrat değişimi çizelgedeki gibidir:

<i>Başladıktan sonraki zaman (t)</i> <i>(dakika)</i>	<i>Substrat (S)</i> <i>(mmol/l)</i>
0	10
5	9
10	8
15	7

X'in değişimini grafikte gösterin?

Tablo 16. Biyolojik yapısına göre su kalitesi (Liebmann,1951)

Su Kalite Sınıfı	Kirlilik Durumu	BOİ ₅ mg/l	Hücre Sayısı Bakteri/ml	Kartografi Rengi
1	Çok az kirli	0-3	< 100	Mavi
2	Az kirli	3-3,5	< 10 000	Yeşil
3	Fazla kirli	5,5-14	< 100 000	Sarı
4	Çok fazla kirli	> 14	> 100 000	Kırmızı

Biyomasın endojen fazdaki solunumu sırasında:



Eşitlikde de görüldüğü gibi, azotlu ve fosforlu bileşikler oluşmaktadır.

1 fosfor atomu için (P= 31 g) 118,5 mol O₂ (= 3800 g) kullanılmaktadır.

Buna göre 0,1 mg /l fosfor açığa çıkan bir ortamda bunun oksitlenmesi için gereksinim duyulan O₂ miktarını bulunuz? (12,5 mg O₂).

PO₄⁻³ - Besin maddesi açısından (S) , bazı alglerin K_s (doygunluk sabiti) değerleri aşağıdaki gibidir:

Asterionella (Kizelalg) 2,0 ug PO₄-P / l
Ankistrodesmus (Yeşil alg) 10,0 ug PO₄-P / l
Scenedesmus (Yeşil alg) 100 ... 1 000,0 ug PO₄-P / l

Kirli evsel atıksuyun BOİ₅ - Değeri : S = 500 mg/l
Seyrelmiş evsel atıksuyun BOİ₅ - Değeri : S = 100 mg/l
Yüzeysel suların BOİ₅ - Değeri : S = 10 mg/l
Kirli sanayii atıksuyun BOİ₅ - Değeri : S = 10 000 mg/l

Barajlarda ve besince zengin sularda toplam bakteri sayısı: 10⁶/ml

Berrak göllerdeki bakteri sayısı: 10⁵/ml

Gerçek yeraltısuyundaki bakteri sayısı: 10⁴/ml

$\frac{dx}{dt} = \mu \cdot x - k \cdot x$ $\mu x = \text{artış}$ $kx = \text{azalış}$

Su kütlesinin yenilenme oranı:

$$D = 1/t = Q/V = \text{Debi} / \text{Hacim} = (m^3/d)/m^3 = 1/ \text{Gün} = d^{-1}$$

Bakteri ve alg yiyen Daphnia 'ların gelişmesi:

$$dx_D/dt = u_D \cdot x_D \text{ şeklinde ifade edilebilir.}$$

Chlorella'yı besin organizması olarak kabul edersek, yararlanma verimi:

$Y_D = dx_D / dx$ olarak ifade edilir ve sayısal değeri ise yaklaşık %20' dir. Chlorella biyomasının % 20'si Daphnia biyo-masına dönüşmüştür. % 80'ni ise solunum proseslerinde yakılmıştır.

$$Y_D = dx_D / dx = 0,2$$

Streeter / Phelps 'e göre oksijen açığının değişimi aşağıdaki gibidir:

$$dD/dt = k_1 S - k_2 \cdot D$$

S = Substrat; D = O₂- Açığı ; t = Zaman ; k₁ = Oksijen tüketim hız sabiti

k₂= Atmosferden oksijen kazanım hız sabiti (1/gün)

$$dS/dt = -k_1 \cdot S \quad ; \quad S = S_0 e^{-k_1 \cdot t}$$

$$D_t = D_0 \cdot e^{-k_2 \cdot t} \quad ; \quad k_2 = 2,3 (\lg D_0 - \lg D_t) / t$$

Hidrolik koşulların farklı olduğu reaktörlerde zamana bağlı olarak biyomas ve substrat konsantrasyonunun değişimi:

Tubular (Piston akışlı) reaktör: $dS/dt = -k_1 \cdot S$; $dx/dt = \mu \cdot x$

Karışımli reaktör: $dS/dt = D \cdot S_0 - k_1 \cdot S - D \cdot S$

k₁ = ayrışma hız sabiti

D = seyrelme oranı, sürüklenme oranı

Baykal gölünün D - değeri -----> 0,0025/yıl ; diğer anlamda suyun bekleme süresi -----> 400 yıl .

Bir insan ve/veya bir eşdeğer nüfus (EDN):

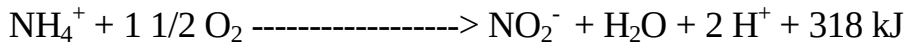
54 – 60 g BOİ₅

13 g N

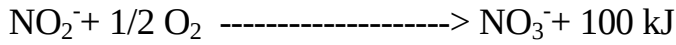
1,5 - 4,5 g P üretir.

$$1 \text{ g P} = 150 \text{ g BOI}_5 ; 2 \text{ g P} \text{ -----} > 300 \text{ g BOI}_5$$

Nitrosomonas



Nitrobacter



Dip çamurlarındaki fosforun suya verilişi aşağıdaki gibi ifade edilebilir:

$$dP_{\text{su}} / dt = k (P_{\text{çamur}} - P)$$

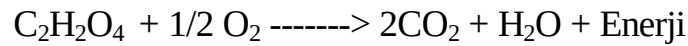
$$P_{\text{su}} = P_{\text{çamur}} (1 - e^{-k.t})$$



1 mol metan = 2 mol oksijen

16 g 64 g

1 g organik substrat (CH₄) = 4,00 g O₂



1 mol oksalikasit = 1/2 mol oksijen

90 g 16 g

1 g organik substrat (C₂H₂O₄) = 0,18 g O₂

$$Q = \text{Debi} = k_f \cdot i \cdot F \text{ (m}^3/\text{s)} ; V = k_f \cdot i \text{ (m/s)}$$

$$k = dQ / F \cdot i \cdot dt \cdot 100 \text{ (m/s)}$$

k = geçirgenlik sabiti (m/s)

F = Alan (m² veya ha)

i = hidrolik gradiyant

t = s = saniye

Q = debi , (m³/s)

Anaerobik bir reaktör hacminin bir metreküpünün sıcaklığını 1 C artırmak için ihtiyaç duyulan enerji gereksinimi:

$$1 \text{ C} \text{ -----} > 4,2 \text{ mJ /m}^3$$

Bir kg OM 'den ise:

0,5 m³ biyogaz / kg OM

Bir metreküp biyogazdaki metan gazı miktarı ise:

0,6 m³ CH₄ / m³ biyogaz

Bir kişinin ürettiği çamur miktarı: **1 - 2 l / N. Gün**

Aerobik reaktörlerde ortalama olarak bekleme süresi:

15 - 30 gün

Anaerobik reaktörlerde ortalama olarak organik madde yükü:

3 kg

OM / m² . Gün

Damlatmalı filtrede oluşan çamura göre kişi başına üretilen biyogaz miktarı: **25**

l / N. Gün

Aktif çamur tesislerinde oluşan çamura göre kişi başına üretilen biyogaz miktarı:

30 l / N. Gün

Biyolojik atıksu arıtma tesislerinde oluşan çamura göre kişi başına üretilen biyogaz miktarı: **30 l / N. Gün**

Biyogaz verimi: % 70

Kullanılacağı alanlar: a. Sıcaksu devri, sirkulasyonu; b. Sıcak su buharı üretimi ; c. Substratı ısıtmada ; d. Özel ısıtma cihazlarında ...

Çamur yaşı (t_{çam}): Toplam biyomasın ortalama bekleme süresi olarak tanımlanabilir. Günlük çamur oluşmasına ve aktif çamur havuzundaki çamur miktarına bağlıdır .

$t_{\text{çam}} = KM_F / KM_{Aç}$; KM_F =Fazla çamur kuru maddesi;

$KM_{Aç} =$

Havuzdaki aktif çamur kuru maddesi,

AÇ sisteminde, çamur yükü $L_s = 0,3 - 0,4$;

AÇ sisteminde, çamur yaşı $t_s = 2 - 4$ gün (7 gün)

Toplam çamur (MLSS)*(V)

$t_s = \frac{\text{Toplam çamur}}{\text{Atılan fazla çamur}} = \frac{(MLSS)*(V)}{M_R * q}$

Atılan fazla çamur $M_R * q$

M_R = Geri devir çamurundaki MLSS konsantrasyonu, $q = m^3/\text{gün}$ olarak atılan çamur miktarı;

AÇ sisteminde, hidrolik bekleme süresi $t_h = 2 - 4$ saat

Çamur oluşumu: Aktif çamur havuzuna verilen ayrışabilir OM-yüküne bağlıdır.

Çamur yükü ($L_{\text{çam}}$) kavramı buradan türemektedir. $\text{kg BOI}_5 / \text{kg KM}_{\text{açam}}$. Gün olarak da ifade edilir.

Çamur yükü ($L_{\text{çamKM}}$) = 1 ; % 85 - 90 arasında hiç değişmeden BOI_5 - giderilmesinin gerçekleştiği anlamına gelmektedir.

Çamur yükü ($L_{\text{çamKM}}$) < 2 ; çıkış suyu BOI_5 - değeri 30 mg/l civarında demektir.

Çamur yükü ($L_{\text{çamKM}}$) > 2 ; kalan kirlilik hızla artıyor anlamına gelir.

Çamur yükü ($L_{\text{çamKM}}$) < 0,1 ; tamamen nitrifikasyon hakim anlamına gelir.

Çamur yükü ($L_{\text{çamKM}}$) < 1 ; nitrifikasyon başlamış anlamına gelir.

Organik madde kirlilik yükü

Çamur yükü ($L_{\text{çam}}$) = $F/M = \frac{\text{Organik madde kirlilik yükü}}{\text{AÇH'daki toplam mikroorganizma}}$

$F = Q * C_{\text{BOI}}$ (kg/Gün) = Günlük besin maddesi (BOI_5 -yükü)

$M = V * x$ (g, kg), $V = \text{AÇH'un hacmi (m}^3\text{)}$; $x = \text{Bakteri (biyomas) konsantrasyonu (mg/l)}$;

$L_{\text{çam}} = 1$, normal; $L_{\text{çam}} < 1$ (0,1) , düşük yük;

$L_{\text{çam}} > 1$ (0,5 - 2,0) , yüksek yük;

$t = \text{Bekleme süresi} = V/Q$ (Gün)

Organik madde kirlilik yükü

Çamur yükü ($L_{\text{çam}}$) = $F/M = \frac{\text{Organik madde kirlilik yükü}}{\text{AÇH'daki toplam mikroorganizma}}$

S - W

Çamur Özgül Ağırlığı = $\left(\frac{S - W}{R - W} \right) * F$

R - W

S = Çamur + kap; R = +4°C'deki suyun ve kabın ağırlığı; F = Sıcaklık

düzeltilme faktörü; W = Kabın darası;

Sıcaklık (°C): 15 20 25 30 35 40 45
F (Düz.fakt.): 0,9991 0,9982 0,9975 0,9957 0,9941 0,9922 0,9922

$$\text{SVI (Çamur Hacim İndeksi)} = \frac{\text{Çökebilen katı madde (ml/l)}}{\text{MLSS (g/l)}} \text{ (ml/g)}$$

MLSS = Toplam askıda katı madde

MLVSS = Toplam uçucu askıda katı madde

SVI = 0 - 100 ml/g fazla-orta yüklü

SVI = 100 - 150 ml/g orta yüklü

SVI = 150 - 250 ml/g düşük yüklü, aktif çamur sistemleri.

($L_{\text{çam}} = 0,05 - 0,10$)

MLVSS = Toplam uçucu askıda katı madde = $0,75 * \text{MLSS}$

Geri dönüş çamur oranı:

$$r = Q_{\text{gerçam}}/Q = \text{KM}_{\text{AÇam}}/\text{KM}_{\text{gerçam}} - \text{KM}_{\text{AÇam}}$$

Örnek: $\text{KM}_{\text{AÇam}} = 3,5 \text{ kg/m}^3$ $r = 1$ ve $0,3$ için $\text{KM}_{\text{gerçam}}$ - değerini bulunuz?

$$y = L_o (1 - 10^{-k_1 t}) + L_N (1 - 10^{-k_2 t})$$

L_o = karbon yükü ; L_N = Azot yükü ; k_1 ve k_2 ilgili ayrışma hız sabiti
 t = zaman

$$L = L_o e^{-k_1 t} \quad ; \quad L_o = L_c e^{k_{rt} c}$$

$Q = E \cdot V$ Q = Emisyon ; V = Her kullanılan enerji birimi için oluşan emisyon;

$E = E_u + E_p$; E_u = Verimsiz enerji ; E_p = Verimli enerji

$V_r = V \cdot (1 - n)$; Çevre koruma için yapılan işlem sonucu birim enerji başına çevre kirlenmesi .

$Q_r = E - V \cdot (1 - n)$ = Arta kalan kirlilik

$$(1-n) = \text{Kalan kirlilik derecesi} = f(E_u/E)$$

E_u/E = Toplam enerjideki verimsiz enerji oranı;

$d E_u = \text{veya} < d E$

Su mikroorganizmasının ortalama bileşimi:

Ham protein	% 55
Lipid (yağlar)	% 10
Karbonhidratlar	% 35

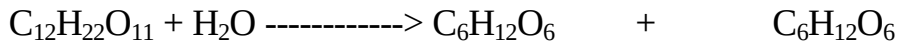
Kapalı denklem -----> $C_{106}H_{173}O_{52}$

Bir biyomasın ortalama elementer bileşimi ise:

$$C_{106}H_{118}O_{45}N_{16}P_1: \quad C:N:P = \text{-----}> 106:16:1$$

Başlangıç enerjisinin yaklaşık % 70'i yeni sentez proseslerinde işletme masrafları olarak kullanılmaktadır. O halde geriye biyomasın sadece % 30 'zu kalmaktadır.

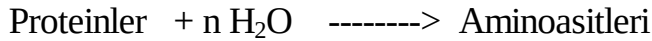
Hidrolitik enzimler:



Sakkaroz 1 mol fruktoz, 1 mol glikoz



Nişasta Glikoz



Taşıma enzimleri: Transferazlar

Redoks enzimleri: Oksidazlar (hidrojenin koparılması), redüktazlar (hidrojenin bağlanması)

9.8.2. Atıksudaki Toksik Maddeler

1. Ağır metaller (krom, v.b....), **2. Hafif metaller** (berilyum, .v.b.), **3. Yarı metaller** (Arsenik, v.b), **4. Ametaller** (klor, siyanür, v.b.....), **5.**

Hidrokarbonlar (Benzen, toluol, etilbenzen ,v.b...), **6. Klorlu hidrokarbonlar** (Kloroform, kloretan, venilklör, PCB,v.b...), **7. Diğer halojenli organik bileşikler** (Triklorflormetan ,v.b...), **8. Fenoller** (Fenol, kresol, hidrokinin,..v.b..), **9. Nitro bileşikler** (Nitrobenzen, nitrofenol, dinitrotoluol, v.b....), **10. Nitriller** (Akrilnitril, v.b...), **11. Kondenz olmuş hidrokarbonlar** (Naftalin, benzepiren, v.b...), **12. Tenzidler** (Deterjanlar , v.b....), **13. Bitki koruma ve zararlı mücadele ilaçları** (*İnzektisidler*: DDT, Lindan, Endrin, Endosulfan , Malathion, Parathion,...v.b... ; *Fungusidler*: Thiram , Maneb ; *Herbisid-ler*: Triazine ,v.b...), **14. Radyonuklidler** .

Akarsuya atıksu karışıktan sonraki kirleticinin konsantrasyonu:

$$Q_1.C_1 + Q_2.C_2 = Q_3.C_3$$

9.8.3. Birimler ve Bazı Eşitlikler

Ölçü Birimleri

k	kilo (10^3)	m	mili (10^{-3})
M	mega (10^6)	μ	mikro (10^{-6})
G	giga (10^9)	n	nano (10^{-9})
T	tera (10^{12})	p	pico (10^{-12})
		f	femto (10^{-15})

Kuvvet Birimleri

$$1 \text{ kp} = 9,807 \text{ (N) Newton}$$

Basınç Birimleri

$$1 \text{ N/ m}^2 = 1 \text{ Pa (Pascal)}$$

$$1 \text{ bar} = 10^3 \text{ mbar} = 10^5 \text{ Pa}$$

$$1 \text{ Torr} = 1 \text{ mm Hg (0 ' C de)}$$

Enerji Seviyesi

$$E = h.v$$

E = Enerji kıvancı, enerji paketi

h = Planck sabiti

v = Saniyedeki salınım sayısı, frekans

$$E = E_2 - E_1 = h \cdot \nu$$

$$\nu = (E_2 - E_1) / h$$

E_2 = Yüksek seviyedeki enerji, E_1 = Düşük seviyedeki enerji,

Kinetik Enerji

$$m \cdot \nu^2 / 2 = T >, = h^2 / 8 \cdot m \cdot a^2$$

$$dx \cdot dp_x = 2 \cdot a \cdot m \cdot \nu_x >, = h$$

$$du = Q + W$$

$$du = \text{İç enerji artışı}; Q = \text{Isı} ; W = \text{İş}$$

$$H = \text{Entalpi} = u + P \cdot V$$

$$u = \text{İç enerji}, P = \text{Ürün}, V = \text{Hacim}$$

$$P_{\text{ex}} \cdot dV = \text{Yapılan iş}$$

$$dH = du + d(P \cdot V)$$

Enerji Birimleri

$$1 \text{ Nm} = 1 \text{ J} = 0,2388 \text{ Cal}$$

$$1 \text{ mkp} = 9,807 \text{ J}$$

$$1 \text{ kWh} = 3,6 \cdot 10^6 \text{ J}$$

$$1 \text{ MeV} = 10^6 \text{ eV} = 1.60 \cdot 10^{-13} \text{ J} \quad \text{eV} = \text{elektronvolt}$$

1. Fick Kanunu

$$dS/dt = k_d \cdot A \cdot dC/dl$$

$$A = \text{Alan}; dC/dl = \text{konsantrasyon eğimi (g/cm}^3 \cdot \text{cm)}$$

$$S = \text{substrat (g)}; k_d = \text{difüzyon sabiti (cm}^2/\text{s)}$$

Chick Kanunu

$$N_t = N_0 e^{-k_a \cdot t}$$

Klor İhtiyacı

$$D = D_1 \cdot t^n$$

D = Klor ihtiyacı (mg/l); D_1 = 1 saat sonraki klor tüketimi (mg/l);

T = Temas süresi (saat)

Kaynaklar:

(Kretzschmar , H. (1968): Technische Mikrobiologie. Paul Parey Verlag, Berlin und Hamburg , 508 S.

Gotthalk, G. (1979): Bacterial Metabolism. Springer Verlag, New York.)